



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA
DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA
PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE
COTOPAXI”**

Autores:

Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio

Jaguaco Quiña Henry David

Tutor:

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina
M.Sc

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso PhD

Latacunga - Ecuador

2017

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERA Y APLICADAS de la carrera de INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA; por cuanto, los postulantes: Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio con cedula N° 0604125252 y Jaguaco Quiña Henry David con cedula N° 1724934862, con el título de Proyecto de titulación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 24/07/2017

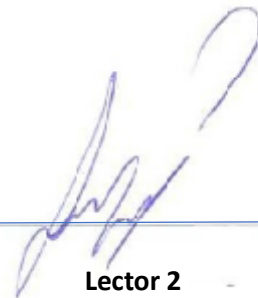
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Nombre: PhD. Enrique Torres

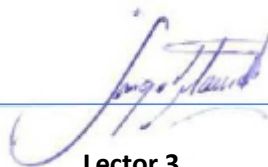
CC: 1757121940



Lector 2

Nombre: Mg. Luigi Freire

CC: 0502529589



Lector 3

Nombre: Mg. Mauricio Toro

CC: 0502640675



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio y Jaguaco Quiña Henry David, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación

Latacunga, agosto, 2017

El Tutor



.....

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina M.Sc



.....

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso PhD

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio y Jaguaco Quiña Henry David declaramos ser autores del presente proyecto de investigación:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”, siendo el Ing. Cristián Fabián Gallardo Molina M.Sc y Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso PhD directores del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio

060412525-2



Jaguaco Quiña Henry David

172493486-2

Chan, a 15 de julio del 2017

**JUNTA DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y CRIADERO DE
TRUCHAS NUEVA VIDA.**


**Con Personería Jurídica Mediante Resolución N° 2017-0453 de 29 de
mayo del 2017 Conferida por la Subsecretaría de la Demarcación
Hidrográfica del Pastaza**

AVAL DE ENTREGA DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD


Enrique Guanoquiza Obando y José Pedro Chicaiza Abata, en nuestras calidades de Presidente y Secretario de la Junta de Riego por Aspersión y Criadero de Truchas Nueva Vida, situada en el burrio Chan, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, por medio del presente nos permitimos emitir la aprobación del estudio de factibilidad del "DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA" de los señores, DARWIN PATRICIO GUALANCAÑAY MIÑARCAJA, portador de la Cédula de identidad N° 060412525-2 y HENRY DAVID JAGUACO QUIÑA, portador de la Cédula de identidad N° 1724934862, por su proyecto de investigación de Titulado II

Por las consideraciones expuestas, los suscritos en nuestras calidades de directivos de la Junta de Riego por Aspersión y Criadero de Truchas "Nueva Vida" aceptamos a nuestra satisfacción en su totalidad el Estudio de Factibilidad enunciado por convenir a nuestros intereses.

DIOS, PATRIA Y LIBERTAD


Enrique Guanoquiza Obando
C.I. N° 050074689-6
PRESIDENTE JUNTA RIEGO




José Pedro Chicaiza Abata
C.I. N° 050136881-5
SECRETARIO JUNTA RIEGO

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por la vida y las bendiciones dadas cada día incondicionalmente, por la familia que me dio, por el lugar donde nací y crecí y por su amor infinito.

A mi gentil Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi querida carrera Ingeniería Electromecánica y a la docencia de toda mi trayectoria Universitario de ofrecer sus conocimientos hacia a mi persona.

A mis directores de tesis Ing. Cristian Gallardo y Ing. Héctor Laurencio por su tiempo incondicional, por ser guías y ofrecer sus conocimientos para el realce del proyecto.

A mí madre por traerme al mundo y hacerme crecer con principios y valores que me han fortalecido en mi Vida, por el apoyo incondicional que me han brindado en los momentos arduos y los ánimos que me brindaron para seguir estudiando y preparándome para ser un buen profesional.

A mí querida madre por ser una persona ejemplar, de lucha y sacrificio durante todo mi tiempo de estudios.

A mis hermanos/as, tías y mis abuelos que me han apoyado y depositado su confianza plenamente en mí y en el día a día para seguir adelante pese a las circunstancias y situaciones dificultades que se presenten.

Darwin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, que con su demostración de unos padres ejemplares me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A Gabriela, por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

Al Ing. Cristian Gallardo y Ing. Héctor Laurencio, directores del proyecto de investigación, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización del mismo.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Henry

DEDICATORIA

A Dios por la sabiduría que me ha dado para afrontar los momentos difíciles y por permitirme llegar a este momento tan anhelado en mí vida.

A mi madre María Hortensia Gualancañay por la fortaleza que siempre han demostrado, por sus sabios consejos, el apoyo incondicional y los valores inculcados, por ser un ejemplo a seguir.

A mis abuelos Cesar Gualancañay y Manuela Miñarcaja y tías que siempre me han apoyado y han estado pendientes en todo este proceso, por todo el tiempo compartido desde niño y permitirme crecer junto a ellos.

A mis amigas y compañeros de clases que siempre hemos compartido vivencias y fortalezas a mi compañero de proyecto por toda su fortaleza, a todas aquellas personas que estuvieron pendientes y prestándome su ayuda dándome sus palabras de aliento y ánimos para llegar a cumplir este gran objetivo.

Darwin

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico este proyecto de investigación a mis padres por ser el pilar más importante, demostrándome siempre su cariño y apoyo incondicional, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos y familia en general que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a mi novia Gabriela Caizatoa por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN	2
Alcance	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
Objeto	3
Campo de acción	3
6. OBJETIVOS:.....	4
General.....	4
Específicos:.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
Hidrología:.....	7
Sistemas de bombeo de agua	7
Fundamentación legal.....	8
Fundamentación del proyecto de investigación.....	9
Operación de variables	10
Energía.....	11
Energía eléctrica	12
Energía hidráulica.....	12
Energía renovable	12
Sistemas de bombeo	12
Máquinas utilizadas para la impulsión de fluidos	13
Bomba centrífuga	14
Estudio energético de un sistema de bombeo.....	16
Punto de operación de un sistema de bombeo.....	16
Partes y accesorios de un sistema de bombeo	17

9. HIPÓTESIS	21
10. METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	21
De campo.....	21
Instrumentos	22
Descripción de la geología del ramal de conducción	22
Ramal de conducción principal	22
Consideraciones de Diseño.....	22
Dimensionamiento de la rejilla de entrada	22
Reservorios para almacenar agua	22
Reservorios Dique – Represa	23
Capacidad de almacenamiento	23
Sedimentador.....	23
Equipos utilizados para medir las variables	24
Medidor de caudal	24
Medidor de altura y distancia	24
Voltímetro y Amperímetro	24
Elementos necesarios para el control de la bomba	24
Contactor	24
Interruptores termomagnéticos	24
Temporizador.....	25
Relés	25
Luces piloto	25
Botones de paro y de arranque	25
Cálculo del caudal	26
Volumen	26
Caudal.....	26
Velocidad v (m/s)	26
Procedimiento de diseño y cálculo de un sistema de bombeo.....	27
Sistema de bombeo con energía eléctrica.....	27
Selección de tubería de succión y descarga.....	27
Balance de energía sistema de bombeo	28
Cálculo de pérdidas de energía.....	29
Cálculo de resistencia	30
Cálculo de pérdidas de carga	31
Cálculo de cavitación.....	31

Cálculo de la Potencia	32
Energía consumida	32
Cálculo de estimación de movimiento de tierras para un reservorio.....	32
11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	33
Verificación del caudal	33
Caudal.....	33
Requerimientos de agua en la junta de riego nueva vida	35
Condición geográfica para el sistema a gravedad	35
Sistema de gravedad	35
Selección de la tubería a gravedad	36
Abastecimiento de la cisterna	37
Condición geográfica para el sistema de bombeo	38
Sistema de bombeo impulsado con energía eléctrica	38
Calculo de capacidad requerida.....	39
Capacidad y dimensionamiento de un reservorio.....	39
Selección del tipo de bomba.....	39
Selección de la bomba	41
Selección tubería de succión y descarga	42
Verificación riesgo de cavitación	43
Control del sistema de bombeo	44
Consumo energético del sistema de bombeo.....	46
Consumo de energía instalaciones de la Junta de riego Nueva Vida	48
Análisis del consumo global de energía	48
12. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIÉNTALES O ECONÓMICOS.....	48
Costo del sistema de bombeo	48
Evaluación social y ambiental	48
Análisis socio económico	49
Ubicación.....	49
Clima	49
Acceso a la localidad	49
Aspectos urbanísticos	49
Topografía de la zona	49
Actividad económica	50
Servicios existentes	50
13. PRESUPUESTO.....	50

Cronograma de actividades	51
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
Conclusiones.....	51
Recomendaciones	51
15. BIBLIOGRAFÍA	52
16. ANEXOS	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz causa – efecto	9
Figura 2. Bombas centrífugas de eje horizontal	12
Figura 3. Bomba centrífuga	14
Figura 4. Curvas características de una bomba centrífuga	15
Figura 5. Punto de operación de un sistema de bombeo	17
Figura 6. Tubería	18
Figura 7. Tubería PE.....	19
Figura 8. Carta para la selección de diámetros en la succión	20
Figura 9. Carta para la selección de diámetros en la descarga	20
Figura 10: Velocidades de flujo recomendadas.....	27
Figura 11: Dimensiones del canal a cielo abierto existente.....	33
Figura 12: Perfil vertical del trayecto por gravedad.....	35
Figura 13: Esquema de la conducción por gravedad.....	36
Figura 14: Selección de la tubería adecuada	36
Figura 15: Perfil del trayecto de impulsión	38
Figura 16: Esquema del sistema de bombeo con bomba centrífuga	38
Figura 17: Selección de la serie de bomba	40
Figura 18: Curva de la bomba y punto de operación.....	41
Figura 19: Curva de la bomba y punto de operación del sistema requerido	42
Figura 20: Curva de la eficiencia de operación	43
Figura 21: Curva de NPSHR y NPSHD de operación.....	43
Figura 22. Circuito de control de la bomba	45
Figura 23. Esquema de sistema automático bomba - cisterna.....	46
Figura 24: Curva de la potencia de operación	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades en relación a los objetivos	5
Tabla 2: Variable dependiente e independiente.....	10
Tabla 3: Matriz de operación de variables.	10
Tabla 4: Dimensiones del canal.....	33
Tabla 5: Dimensiones de la pelotita de espumarles.....	34
Tabla 6: Tiempos obtenidos	34
Tabla 7: Datos de caculo tubería de gravedad.....	36
Tabla 8: Selección de tubería.....	37

Tabla 9: Datos bomba obtenidos del fabricante	39
Tabla 10: Datos calculados.....	40
Tabla 11: Características técnicas bomba seleccionada	44

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autores:

Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio

Jaguaco Quiña Henry David

Tutor:

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina M.Sc

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso PhD

RESUMEN

La provisión de agua para los seres vivos en muchos casos requiere de la implementación de sistemas de bombeo y almacenamiento al igual para su transporte y distribución, los cuales demandan de energía para su operación; el objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de bombeo para la junta de riego "NUEVA VIDA", la fuente principal de este recurso hídrico proviene de una vertiente de agua natural, que constituye la unión de los ríos ISINCHE y PATOA de QUEVEDOS la cual se constituye en una fuente vital para todos los sectores por donde recorre estos ríos. La implementación de este sistema de bombeo permitirá el abastecimiento continuo del recurso hídrico al sector. Esta investigación utiliza el método científico y el método experimental, el cual inicia con el estudio documental presentando diversas experiencias de aplicaciones, técnicas de diseño y construcción de sistemas de bombas en sectores rurales, para mejorar la producción agrícola y ganadera. Adicionalmente se realiza un trabajo experimental mediante un sistema de bombeo, con la finalidad de abastecer de un caudal de 75 m³/h requerido para la producción del sector que se encuentra a una altura de cabeza de 129 m a una longitud de 450 m, arriba de la fuente de agua. La evaluación económica en base a la implementación de la propuesta, indica que la inversión es recuperable en 9 años, considerando una tasa de interés de consumo de 16,06 % vigente actualmente en la banca local, además es una alternativa de ayuda social y cuidado del medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Bombeo de agua, bombas multietapa

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED ACADEMIC UNIT

TITLE: "DESIGN OF A PUMPING SYSTEM FOR THE STORAGE OF IRRIGATION WATER IN CHAN CHICO AND TIOBAMBA SECTORS AT ELOY ALFARO PARTY, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE"

Authors: Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio

Jaguaco Quiña Henry David

ABSTRACT

The provision of water for living beings in many cases requires the implementation of pumping and storage systems as well as their transportation and distribution, which demand energy for their operation; The objective of this researching is to design a pumping system for the irrigation system "NUEVA VIDA", the main source of this water resource comes from a natural water slope, which constitutes the union of the rivers ISINCHE and QUEVEDOS PATOA which is a vital source for all sectors where it travels these rivers. The implementation of this pumping system will allow the continuous supply of the water resource to the sector. This study uses the scientific and experimental methods, which begins with the documentary study, presenting various experiences of applications, techniques of design and construction of pump systems in rural sectors, to improve agricultural and cattle production. In addition, an experimental work is carried out by means of a pumping system, with the purpose of supplying a flow of 75 m³/h required for the production in the sector where it is at a height of 129 m to a length of 450 m, above the source of water. The economic evaluation based on the implementation of the proposal indicates that the investment is recoverable in 9 years, considering a current interest rate of 16.06% currently in the local bank, and is an alternative of social assistance and care environment.

KEYWORDS: Water Pumping, Multistage Pumps.




AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente de Idiomas de Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores **Gualancañuy Miñarecaja Darwin Patricio, Jaguaco Quiña Henry David** de la carrera de ingeniería en electromecánica de la facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas, cuyo título versa "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI**", lo realizó bajo mi supervisión y cumple como una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estima conveniente.

Latacunga, 12 de Julio de 2017

Atentamente,


.....
Msc. Alison Meza Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego en los sectores de Chan Chico y Tiobamba de la Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi”

Fecha de inicio: noviembre 2016

Fecha de finalización: febrero 2017

Lugar de ejecución:

Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro, Barrio el Chan, Sectores Chan Chico y Tiomanba.

Unidad Académica que auspicia

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Carrera de Electromecánica

Equipo de Trabajo:

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina M.Sc

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso PhD

Coordinador del Proyecto de Investigación:

Gualancañay Miñarcaja Darwin Patricio

Jaguaco Quiña Henry David.

Área de Conocimiento:

Mecánica de fluidos, AutoCAD

Carrera de Electromecánica: Ingeniería, industria, eléctrica, diseño y construcción

Línea de investigación:

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la UTC:

Línea 5: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- Utilización eficiente de energía.
- Sistemas eléctricos, electromecánicos y electrónicos

2. RESUMEN

La provisión de agua para los seres vivos en muchos casos requiere de la implementación de sistemas de bombeo y almacenamiento al igual para su transporte y distribución, los cuales demandan de energía para su operación; el objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de bombeo para la junta de riego "NUEVA VIDA", la fuente principal de este recurso hídrico proviene de una vertiente de agua natural, que constituye la unión de los ríos ISINCHE y PATOA de QUEVEDOS la cual se constituye en una fuente vital para todos los sectores por donde recorre estos ríos. La implementación de este sistema de bombeo permitirá el abastecimiento continuo del recurso hídrico al sector. Esta investigación utiliza el método científico y el método experimental, el cual inicia con el estudio documental presentando diversas experiencias de aplicaciones, técnicas de diseño y construcción de sistemas de bombas en sectores rurales, para mejorar la producción agrícola y ganadera. Adicionalmente se realiza un trabajo experimental mediante un sistema de bombeo, con la finalidad de abastecer de un caudal de $75 \text{ m}^3/\text{h}$ requerido para la producción del sector que se encuentra a una altura de cabeza de 129 m a una longitud de 450 m, arriba de la fuente de agua. La evaluación económica en base a la implementación de la propuesta, indica que la inversión es recuperable en 9 años, considerando una tasa de interés de consumo de 16,06 % vigente actualmente en la banca local, además es una alternativa de ayuda social y cuidado del medio ambiente.

Alcance

La Junta de Riego y Criadero de Truchas Nueva Vida conjuntamente con los estudiantes de la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas de la Carrera Ingeniería Electromecánica, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, forman parte del estudio para el diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego, teniendo que bombear una altura de cabeza de 129 m a una longitud de 450 m, caudal de $73,44 \text{ m}^3/\text{h}$, de tal manera que se pueda crear una oportunidad de desarrollo en todo el sector.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los habitantes del sector de Chan Chico y Tiobamba ubicados en la Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi carecen del suministro hídrico para riego que satisfaga las necesidades agrícolas de los pobladores del sector. Uno de los principales problemas es la escasez de agua para riego en los cultivos y para la crianza de animales de granja y pesca.

De ahí surge la necesidad de implementar un sistema de bombeo eficiente, que permita abastecer a todos los moradores del sector, teniendo un caudal continuo el cual va a alimentar los tanques de reservorio los cuales serán encargados de suministrar el recurso hídrico en todas las extensiones necesarias del sector, fomentando las necesidades agro-técnicas de los productores, además de conseguir un manejo responsable de dicho recurso sin causar impacto ambiental, mejorando las condiciones agrarias del sector, obteniendo una mayor y mejor producción.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios directos de este proyecto están conformados por 74 socios del Barrio Chan Chico y Tiobamba, de la Parroquia Eloy Alfaro.

Los beneficiarios indirectos del proyecto serán los comerciantes locales y todos los consumidores que circulan por el sector.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La inexistencia del suministro de agua para riego en el sector Chan Chico y Tiobamba ha causado problemas en el área agrícola y por lo que la producción es casi nula. Por lo que se ha planeado un método de bombeo, el cual tendrá como propósito abastecer de manera continua el suministro hídrico.

Objeto

Sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego para la producción agrícola en el sector Chan Chico y Tiobamba.

Campo de acción

Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego para la producción agrícola.

6. OBJETIVOS:

General

Diseñar un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego en los sectores del Chan Chico y Tiobamba para mejorar el área agrícola del sector.

Específicos:

- Realizar el levantamiento topográfico del punto de captación.
- Determinar la metodología con la cual se llevará a cabo el diseño del sistema de bombeo.
- Analizar los datos obtenidos mediante los parámetros de diseño como altura, caudal, presión, consumo, autonomía del sistema, cálculos y la experimentación del sistema a diseñar.
- Establecer los parámetros técnicos, así como también las bases teóricas necesarias para realizar la evaluación del consumo de energía del sistema de bombeo.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades en relación a los objetivos

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología por actividad
Realizar el levantamiento topográfico del sector y del punto de captación	Recopilación de datos por medio de un GPS y una cinta métrica	Determinar los puntos de elevación y sitios de captación	De campo, se basa en la medición de la distancia del punto inicial de captación y la trayectoria que recorre el fluido hasta la casa de bombeo.
Determinar la metodología con la cual se llevará a cabo el diseño del sistema de bombeo	Recopilación de datos realizados por el método de experimentación	Determinar la ubicación adecuada para la aforación, para la toma de datos. Volumen del reservorio, caudal a gravedad, caudal de impulsión	De campo, se basa en establecer una sección del canal de la cual se toma las medidas de altura, anchura y una longitud. La cual se trata de verificar la velocidad con la que el fluido circula por esa sección.
Analizar los datos obtenidos mediante cálculos y la experimentación del sistema a diseñar	Tabulación de los datos realizados por la experimentación y cálculos realizados.	Determinar la distancia del punto inicial de captación y de la capacidad de la bomba.	Calculo y experimentación, la experimentación es de campo de los valores obtenidos compararlos con los cálculos realizados para determinar su veracidad del sistema de bombeo
Establecer los parámetros técnicos, así como también las bases teóricas necesarias para realizar la evaluación energética del sistema de	Identificación de los parámetros necesarios para la implementación del sistema de bombeo.	Abastecimiento del sistema de bombeo y evaluación del consumo de energía.	Teórico, se basa en la utilización de los datos recopilados para determinar la fiabilidad del sistema de bombeo y el consumo que este representa.

bombeo			
---------------	--	--	--

Elaborado por: Los autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Se orienta a sustentar técnica y científicamente los Proyectos de riego y promover un conocimiento mayor referente a fortalecer el desarrollo del sector agrícola. Se cuenta con instituciones del estado como SENAGUA, CAC-Latacunga, Ministerio del Ambiente, INAMHI.

Hidrología:

El proyecto de riego Nueva Vida cuenta con un caudal de 20.40 l/s provenientes del Rio Isinche, desprendidos del caudal total de concesión adjuntado por la SENAGUA (Secretaria Nacional del Agua). Los materiales de la formación Latacunga y los depósitos laharíticos que afloran mayoritariamente en la zona, han desarrollado un acuífero libre de porosidad intergranular, con permeabilidad variable de media a baja. En base al análisis e interpretación hidrogeológica, geofísica e hidroquímica, se determinó dos zonas con mejores posibilidades de aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo.

- Sector sur de Pujilí (zonas de Tres de Mayo, San Juan e Isinche) en donde el estrato acuífero tiene un espesor entre 40 y 50 m, encontrándose el nivel estático (NE) aproximadamente a 65 m. bajo la superficie, profundidad que corresponde a la cota 2870 msnm (Datos proporcionados por el INAMHI).

Actualmente el sector de Chan Chico y Tiobamba necesitan contar con un sistema de bombeo y almacenamiento de agua, ya que ellos cuentan con la sentencia dictaminada por SENAGUA la cual les corresponde un caudal de 20.40 l/s que no son aprovechados debidamente por las condiciones geográficas adversas.

Sistemas de bombeo de agua

En el estudio de los sistemas de bombeo para el sector agrícola, también se encuentra información sobre la importancia del agua para el cultivo, en el artículo de (Muñoz Arboleda, 2009), donde se indica que “las especies vegetales necesitan abundante cantidad de agua para su metabolismo, así como para el transporte de nutrientes, lo cual podría aumentar la productividad de los sembríos”.

El proyecto de fin de carrera de (Lasheras A, 2012), presenta el método de dimensionamiento, selección de equipos y accesorios de un sistema de bombeo de agua tradicional, mediante bombas centrífugas que operan con energía eléctrica, por lo que este documento permitirá analizar este tipo de sistema como una alternativa para la Junta de Riego Nueva Vida.

Adicionalmente se puede comentar que el aprendizaje del dimensionamiento de sistemas de bombeo con bomba eléctrica es muy común dentro del pensum de la carrera de ingeniería mecánica

Fundamentación legal

El Gobierno Nacional, con la finalidad de fomentar el uso de energías alternativas, ha creado el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER, quienes tienen la finalidad de propiciar el desarrollo del uso de energías limpias y amigables con el medio ambiente. De igual manera se cuenta con el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, el cual tiene como meta identificar los potenciales recursos renovables con los que cuenta el País.

El INER fue creado el 28 de febrero del 2012 mediante Decreto Ejecutivo No. 1048 con la finalidad de cumplir los lineamientos de la Constitución de La República, donde el estado asume como su responsabilidad el “promover la generación y producción del conocimiento, fomentando la investigación científica y tecnológica, para así contribuir al logro del buen vivir, impulsando para ello el aprovechamiento de la energía renovable y el uso eficiente de la energía en todas sus formas, para lo cual se requiere una adecuada coordinación entre los diversos actores del sector público y la participación activa de todos los sectores sociales y privados”.

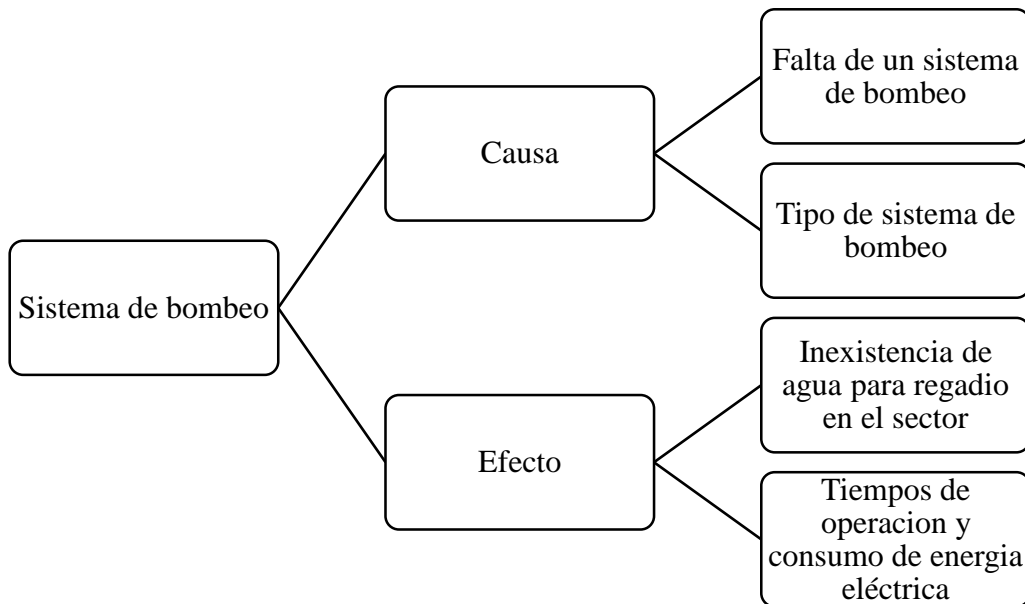
También se cuenta con pliegos tarifarios preferenciales para que las empresas laboren fuera de las horas pico como lo indicó el Ministro de Electricidad y Energía Renovable, Esteban Albornoz en el año (2009), con la finalidad de reducir el consumo energético nacional, especialmente entre las 18:00 y 22:00 horas, cuando el consumo promedio se incrementa hasta 2.600 megavatios y para reducir estos niveles de consumo, el MEER propone a los industriales del país, cambios en las costumbres y horarios de producción.

Para mejorar la competitividad y producción agroindustrial es importante contar con procesos eficientes que permitan proporcionar costos accesibles para la población, reduciendo las pérdidas energéticas en todos los ámbitos, en esta línea tenemos la sustentación en el PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR 2013-2017 el cual en su artículo 7.7a indica que fomentará la implementación de tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios, para promover el ahorro y la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía.

Fundamentación del proyecto de investigación

La falta de agua en el sector de Chan Chico y Tiobamba, requiere el diseño de un sistema de bombeo, el cual puede ser hecho de una manera tradicional, al utilizar bombas que consuman energía eléctrica para su funcionamiento.

Figura 1. Matriz causa – efecto



Elaborado por: Los autores

Las causas del proyecto de investigación determinadas en la figura 1 se tienen los siguientes puntos.

Debido a la falta de un sistema de bombeo que permita aprovechar adecuadamente el recurso hídrico sentenciada por SENAGUA, la cual se encuentra ubicada a una altura de 129 metros debajo del área aprovechable para la agricultura.

El tiempo de operación y el consumo de energía de los equipos dependerán del tipo de bombeo a implementarse.

De acuerdo a las causas mencionadas producen algunas consecuencias o efectos.

La inexistencia del agua para regadío en el sector, no permite que los terrenos sean aprovechados en la agricultura.

El problema con más importancia se trata del sistema de bombeo en función al caudal y la altura a la cual es requerida, ya que como efecto se obtiene una provisión de agua ya sea con mayor o menor consumo de energía.

Tabla 2: Variable dependiente e independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	CAUSA	Tipo de sistema de bombeo
VARIABLE DEPENDIENTE	EFEECTO	Tiempo de operación y consumo de energía eléctrica

Elaborado por: Los autores

El proyecto de investigación puede ser resuelto al realizar el diseño de un sistema de bombeo y abastecimiento de agua para riego en el sector, ya que por medio de una investigación teórica y práctica comprueba una viabilidad para la ejecución de este proyecto.

Operación de variables

Al definir la causa y efecto más relevante, se determina en una tabla las variables asociadas con las dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos, con sus características importantes para el estudio.

Tabla 3: Matriz de operación de variables.

Concepto	Categoría	Indicadores	Unid	Técnicas	Instrumentos
Características técnicas para el diseño de un sistema de bombeo y almacenamiento de agua para riego, mediante el uso de diversos equipos y accesorios.	Portadores energéticos (agua; energía eléctrica)	Consumo de agua	m ³ /h	Medición /cálculos	Flujometro
		Alturas, abastecimiento y provisión del agua para riego	m	Medición	Altímetro / GPS y Manómetro
		Consumo de energía eléctrica del motor de la bomba	kWh	Medición / cálculos	Voltímetro Amperímetro / ecuaciones
	Dimensionamiento de un sistema de bombeo y almacenamiento	Caudal de operación	m ³ /h	Cálculos	Ecuaciones
		Cabeza de la bomba	m	Cálculos	Ecuaciones

	de agua para riego	Eficiencia de la bomba	%	Cálculos	Ecuaciones
	Energía eléctrica requerida para el sistema de bombeo	Potencia requerida por la bomba	kW	Medición / cálculos	Ecuaciones / Manual de operación

Variable dependiente: Consumo de energía eléctrica					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Consumo de energía eléctrica requerida para el funcionamiento del sistema de bombeo y para su adecuado funcionamiento	Bomba centrífuga de motor eléctrico	Potencia, voltaje, corriente	kW, V, A	Cálculos	Ecuaciones
	Perdidas de energía hidráulica del sistema de bombeo	Altura piezométrica	m	Cálculos	Ecuaciones
	Prefactibilidad	Costo	\$	Cálculos	Ecuaciones

Elaborado por: Los autores

Considerando que el objeto de estudio es un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego y su campo de acción es el diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego para la producción agrícola, a continuación, se presentan las definiciones, teorías, leyes, principios y sistemas conceptuales necesarios para el desarrollo de la investigación.

Energía

La energía es la capacidad de hacer un trabajo. Existe una gran diversidad de formas de energía entre las cuales tenemos la energía mecánica la cual puede ser consecuencia de la posición, estructura interna o movimiento de un sistema, además existen otras formas de energía tales como la química, eléctrica, nuclear y térmica de acuerdo a (Antonio & Esteban, 2013).

Energía eléctrica

(Blatt, 1991) cita que “La energía eléctrica es la resultante de un diferencial de potencial entre dos puntos, que permite generar una corriente eléctrica mediante un conductor eléctrico, el cual puede utilizarse para realizar un trabajo”. (p 86)

Energía hidráulica

(Blatt, 1991) cita que “La energía mecánica, es el resultado de la posición y velocidad de un fluido, que permite aprovechar su caída de un fluido para transformarla en otra clase de energía. Este tipo de energía es aprovechado en las hidroeléctricas”.

Energía renovable

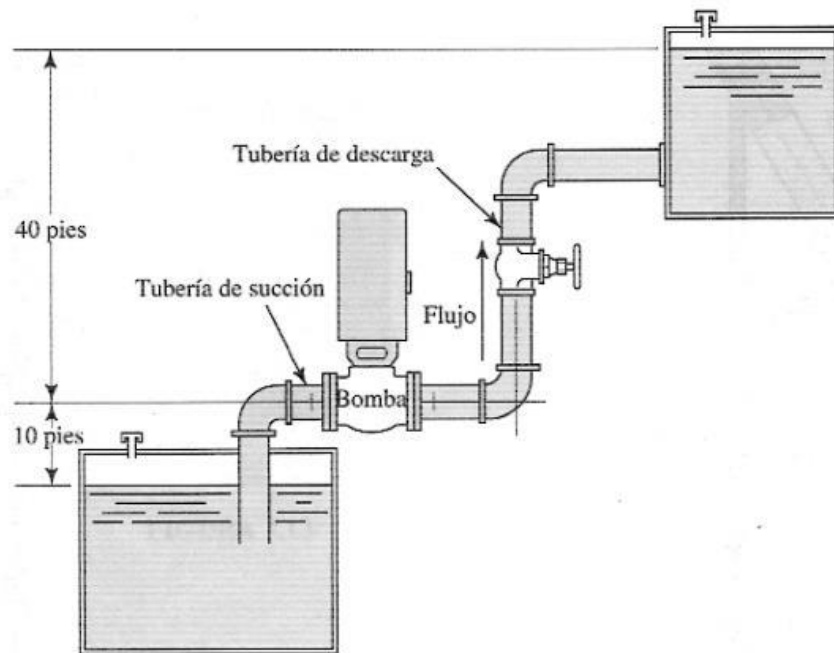
La energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes consideradas inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que poseen como la proporcionada por el sol o por su gran capacidad de regenerarse por medios naturales como el caso del agua, el cual cuenta con un ciclo hidrológico de recirculación que nos permite reutilizarla continuamente y se desarrolla a nivel planetario por efecto de la energía del sol y de la fuerza de gravedad. Este ciclo no solo permite reutilizar el agua, sino que además le proporciona una purificación constante por su cambio de fases. (Blatt, 1991)

Sistemas de bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías desde una fuente de almacenamiento de líquido, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

La siguiente figura muestra las partes que constituyen un sistema de bombeo típico.

Figura 2. Bombas centrífugas de eje horizontal



Fuente: (Mott, 2006)

En un sistema típico, además de tuberías que enlazan los puntos de origen y destino, son necesarios otros elementos. Algunos de ellos proporcionan la energía necesaria para el transporte tales como bombas, además se requiere de tanques de almacenamiento, tuberías y accesorios. Otros tipos de elementos sirven para la regulación y control tales como válvulas e instrumentos de medida. (Lasheras A, 2012)

Máquinas utilizadas para la impulsión de fluidos

Una máquina es un transformador de energía, la cual recibe una clase de energía y la transforma en otra de diferente tipo, a su vez las máquinas se clasifican en diferentes grupos entre las que tenemos las máquinas de fluidos, en las cuales un fluido proporciona la energía que absorbe la máquina o de otra manera la máquina transfiere energía al fluido.

Una máquina hidráulica es una máquina de fluidos y de acuerdo a (Antonio & Esteban, 2013).

Máquina hidráulica es aquella en que el fluido que intercambia su energía no varía sensiblemente de densidad en su paso a través de la máquina, por lo cual en el diseño y estudio de la misma se hace la hipótesis de que la densidad es constante.

Dentro de las máquinas hidráulicas tenemos a las bombas centrífugas con motor eléctrico y a las bombas de ariete hidráulico, las cuales se utilizan para impulsar el agua en un sistema de bombeo.

Bomba centrífuga

La bomba centrífuga, también denominada bomba roto dinámica, es actualmente la máquina más utilizada para bombear todo tipo de líquidos. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un rotor impulsado por un motor eléctrico generalmente.

El líquido entra por el centro del rotor, que dispone de unos alabes para conducir el líquido y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno de su forma de caracol lo conduce hacia la tubería de salida.

Su elemento transmisor de energía se denomina rotor o rodete el cual transfiere energía al fluido en forma de energía cinética.

Las bombas centrífugas se pueden clasificar de diferentes maneras, ya sea por la dirección del flujo, por la posición de su eje, por diseño de su carcasa, entre otras. Las bombas centrífugas tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso y constituyen no menos del 80 % de la producción mundial de bombas, porque es adecuada para mover una mayor cantidad de líquidos en comparación con la bomba de desplazamiento positivo.

Las bombas SIHI^{multi} son bombas centrífugas multietapa horizontales de sección circular, que cumplen con los requisitos técnicos de ISO 5199 / EN 25199.

El diseño modular avanzado reduce el número de piezas y maximiza la intercambiabilidad.

La selección óptima del diámetro del impulsor y el tamaño del difusor para cada uno garantiza que la bomba se adapte estrechamente a las condiciones de servicio requeridas.

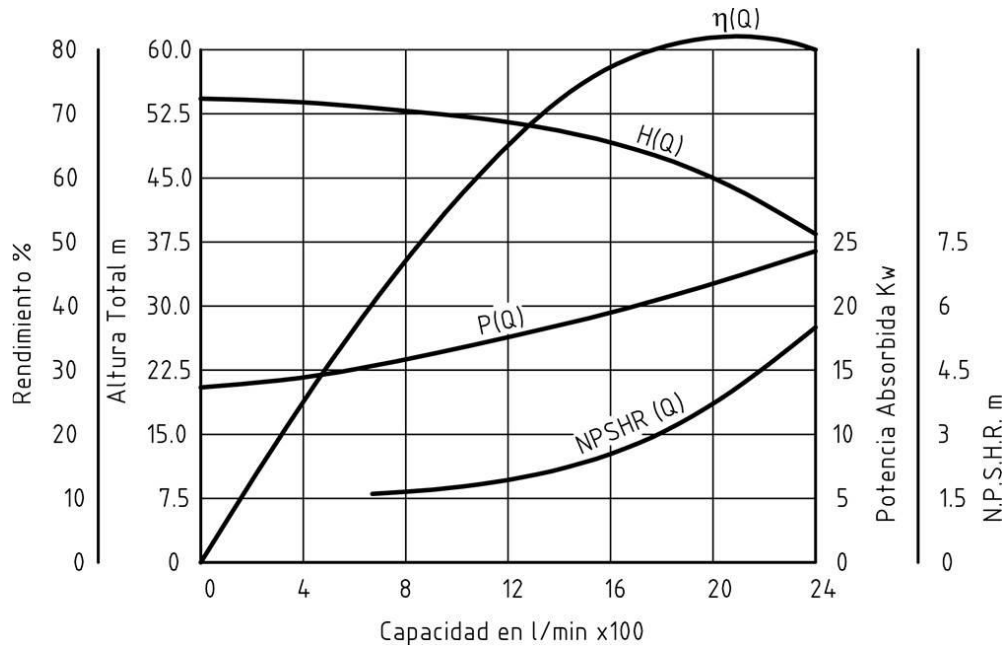
Figura 3. Bomba centrífuga



Fuente: http://diferenciasentre.org/wp-content/uploads/2016/06/bomba_centrifuga.jpg

Para el dimensionamiento y selección de una bomba centrífuga el fabricante de la bomba proporciona una serie de curvas que permiten definir la carga, potencia, eficiencia y NPSH, llamadas curvas características (ver figura 4), con las cuales se puede obtener el tamaño y modelo de bomba adecuada para cada aplicación.

Figura 4. Curvas características de una bomba centrífuga



Fuente: <https://areamecanica.wordpress.com/>

Estudio energético de un sistema de bombeo

Para el estudio energético se utiliza la ecuación de la energía, la misma que es una extensión de la ecuación de Bernoulli, la cual plantea que la energía por unidad de peso de un sistema es igual en cualquier punto de la línea de flujo. Esta ecuación ha sido complementada incluyendo la pérdida de energía por rozamiento, además se incluye la energía aportada por una bomba dentro del sistema.

Las pérdidas de energía se clasifican en pérdidas mayores para las causadas por el rozamiento en la tubería y pérdidas menores, aquellas causadas por los accesorios tales como válvulas, codos, reducciones, entradas y salidas.

Las pérdidas en tuberías dependen de un factor de fricción f , el mismo que a su vez se define en función del tipo de flujo (laminar o turbulento) y de la rugosidad de la tubería.

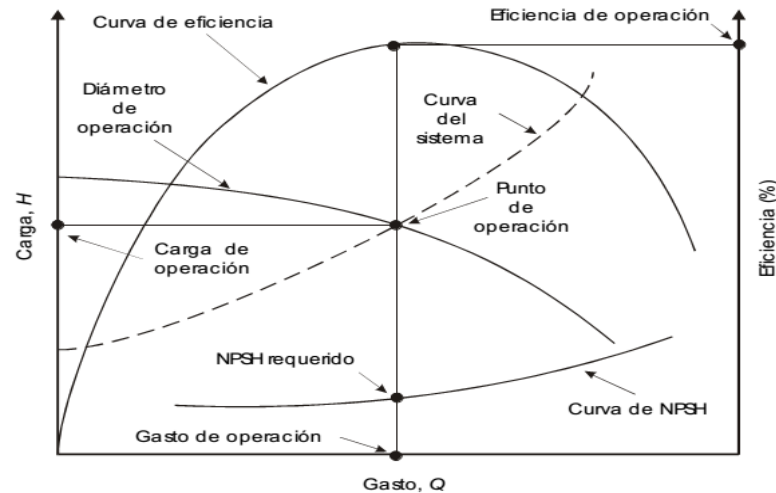
Este factor se lo obtiene tradicionalmente con el diagrama de Moody (Mott, 2006). Con la aplicación de esta ecuación de balance de energía se puede obtener la energía que la bomba debe proporcionar al sistema para su operación.

Punto de operación de un sistema de bombeo

Para encontrar el punto exacto de operación de un sistema de bombeo se debe obtener por una parte la curva característica del sistema Caudal vs. Cabeza y por otra parte la curva característica de la bomba instalada en dicho sistema. El cruce de estas dos curvas

proporciona el punto de operación, el cual es fundamental para evaluar el consumo energético.

Figura 5. Punto de operación de un sistema de bombeo



Fuente: (Lasheras A, 2012)

Partes y accesorios de un sistema de bombeo

Para el adecuado desempeño de un sistema de bombeo se requiere de diversas partes y accesorios que garanticen su funcionalidad, entre los cuales tenemos a las válvulas, filtros, accesorios de conexión, codos, tuberías, entre otros.

Las válvulas se constituyen entre los principales elementos de un sistema ya que son aparatos mecánicos con los cuales se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial un orificio o conducto.

Debido a los diferentes requerimientos en un sistema de bombeo se han diseñado una gran variedad de tipos de válvulas, entre las cuales tenemos: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas de bola, válvulas de mariposa, válvulas de apriete, válvulas de diafragma, válvulas de macho, válvulas de retención y válvulas de alivio.

En caso de que el fluido a ser bombeado tenga sólidos o impurezas se recomienda la instalación de un filtro o malla para evitar el daño y/o falla de funcionamiento del sistema.

Para efectos de conducción adicionalmente se deben instalar tuberías, las cuales deben estar dimensionadas correctamente para permitir el adecuado flujo de agua y no generar exageradas pérdidas de energía en el sistema. Por otra parte, las mismas deben estar conectadas y orientadas de acuerdo a la geometría del lugar donde serán instaladas para lo cual se

requerirán codos, té, reducciones, ampliaciones entre otros accesorios disponibles para permitir funcionalidad al sistema de bombeo.

Las tuberías generalmente son fabricadas bajo normas que regulan materiales, métodos de fabricación y dimensiones.

Las tuberías trabajando “a presión” permiten conducir el agua, aún a contrapendiente. Para eso requieren de cierta cantidad de energía por unidad de peso, proporcionada por una unidad de bombeo.

Ventajas:

- Conducen el agua directamente a los puntos de aplicación.
- No existen pérdidas de agua.
- No dificultan las operaciones de las máquinas ni el tránsito.
- Requieren menos mantenimiento y conservación que los canales en tierra y las regueras

Los materiales más comunes para los sistemas de riego tecnificado son las de PVC y PE (polietileno) teniendo características de mayor de mayor resistencia mecánica las de PVC con relación a las de PE.

Tuberías PVC. Existen grandes diferencias entre las propiedades físicas y químicas de los plásticos más comunes, lo cual origina que existan diferentes tipos y grados.

Figura 6. Tubería PVC



Fuente: www.pointp.es

El PVC da lugar a cuatro tipos que llegan a tener diferentes grados y existen tres tipos principales de tuberías de PVC son calibre 40, 80 y 120, se utilizan para el encaminamiento del agua a través de hogares y sistemas de riego (Rincón, Granados , & Barrera , 1999).

El uso más común de las tuberías de PVC es en la conducción de agua, en la succión e impulsión, dentro de la impulsión la tubería se divide en línea principal, secundaria y ramales.

Generalmente la línea principal y las líneas secundarias son de PVC, siendo la primera de mayor diámetro.

Tuberías PE. El etileno se deriva en polietileno, provocando su polimerización sometándolo a un proceso de calor y presión. Las tuberías de PE se logran mediante extracción; éstas presentan dos ventajas con respecto a las de PVC:

- Se pueden instalar al aire libre (ya que las de PVC si se exponen por largos períodos a los rayos solares pueden ver mermadas sus propiedades mecánicas).
- Es flexible y menos frágil.

Así mismo éstas presentan diferentes tipos de tubos de polietileno, comercialmente se fabrican tres tipos, de baja, media y alta densidad.

De los tres el de mayor uso en los sistemas de riego tecnificado es el de baja densidad usado en los ramales por su flexibilidad (Yépez, 2015).

Figura 7. Tubería PE



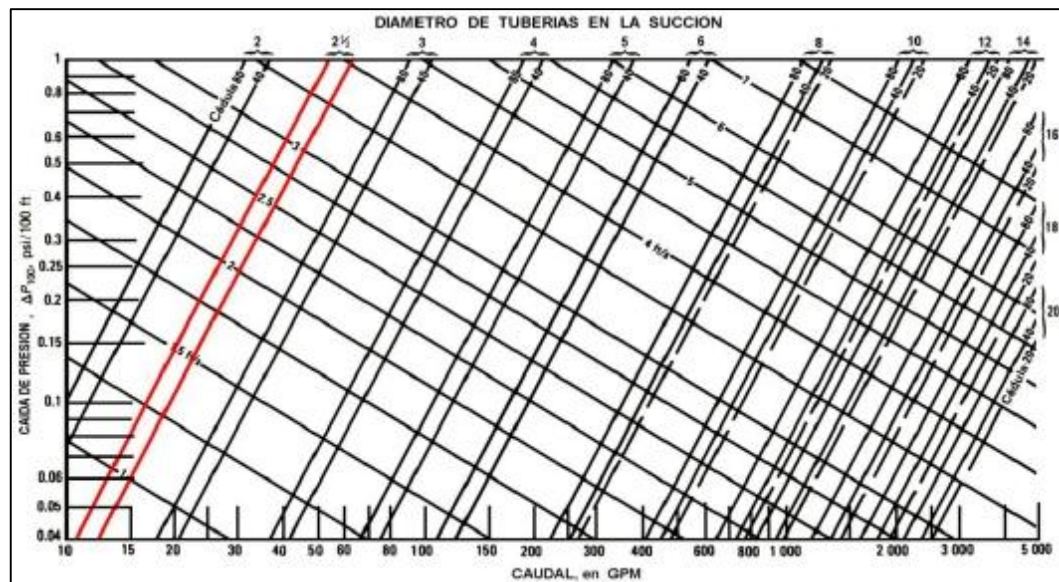
Fuente: www.pointp.es

Selección del diámetro de la tubería. La selección de los diámetros de la tubería suele realizarse en función del caudal de aguas del sistema, para lo cual se emplean las siguientes cartas:

El diámetro de la tubería a emplearse en el sistema se obtiene en función del caudal y bajo los siguientes parámetros (Ferreccio, 1985):

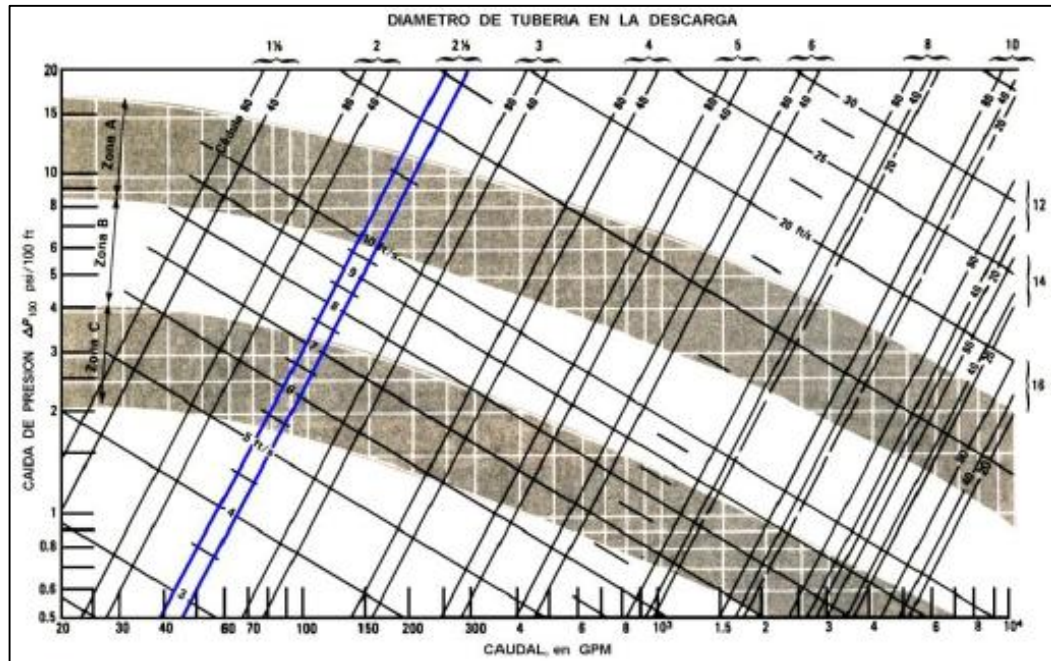
- Para mínimas pérdidas; mayor diámetro de tubería.
- Para mínimos costos; menor diámetro de tubería.

Figura 8. Carta para la selección de diámetros en la succión



Fuente: fluidos.eia.edu.co

Figura 9. Carta para la selección de diámetros en la descarga



Fuente: fluidos.eia.edu.co

9. HIPÓTESIS

- La inexistencia del suministro del agua de riego en el sector Chan Chico y Tiobamba ha causado problemas en el área agrícola.

10. METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

De campo

Por medio del método de observación se realizó el reconocimiento del lugar donde se encuentra la toma principal de agua a una altitud al nivel de mar de 2847 m.s.n.m en las coordenadas S0 58 54.0 W78 39 05.3, al igual que el recorrido de 1270 metros por el cual se llevará el agua hasta la caseta de bombeo ubicada en las coordenadas S0 58 38.8 W78 38 40.8, posteriormente se realizó el recorrido desde la casa de bombeo que se encuentra a una altura de 2829 m.s.n.m hasta llegar a un reservorio ubicado a una altitud de 2945 m.s.n.m y las coordenadas S0 58 33.2 W78 38 28.6.

Por medio de la experimentación se realizó la aforación para determinar el caudal del canal a cielo abierto, cuyo valor obtenido servirá posteriormente para la realización de los respectivos cálculos, al igual que se realizó las mediciones de todo el trayecto por el cual se llevará el agua por gravedad hasta la casa de bombeo.

Instrumentos

El GPS es un sistema de navegación con el cual se determinará las coordenadas, altitudes y trayectoria desde el punto de captación hasta llegar al tanque de reservorio, este equipo resulta muy necesario al momento de determinar las distancias y alturas de cada tramo como el punto de captación, casa de bombeo y reservorio.

Cinta métrica. - elemento muy utilizado para medir grandes distancias las cuales servirán para determinar la longitud desde el punto de captación hasta la casa de bombeo.

Descripción de la geología del ramal de conducción

Ramal de conducción principal

El ramal de conducción principal parte desde su captación ubicada en las coordenadas UTM, WGS 84 9899109N – 765169E a una cota aproximada de 2831 m.s.n.m, hasta el tanque de bombeo ubicado a una cota aproximada de 2829 m.s.n.m, también se cuenta con una segunda toma de captación opcional ubicada en las coordenadas UTM, WGS 84 9892138N- 762141E.

Consideraciones de Diseño

La captación de la acequia Nueva Vida, se encuentra ubicada en la confluencia de los ríos ISINCHE y PATOA de QUEVEDOS en la cual ya se encuentra un repartidor que fue construido por CODERCO, este repartidor cuenta con su respectiva rejilla para evitar que el material montañoso no ingrese al canal de cielo abierto que conduce un caudal de 50.40 l/s.

Pero según el estatuto dado por la secretaria nacional de agua dispone que del canal de cielo abierto se cree un repartidos el cual dividirá el caudal de 50.40 l/s en dos partes, el uno de 30 l/s que se dirigirá para Salache Grande y el otro con un caudal de 20.40 l/s que será destinada a la junta de riego Nueva Vida.

Dimensionamiento de la rejilla de entrada

El agua se capta desde un canal a cielo abierto, esta entrada cuenta con barrotes verticales y una compuesta que limita la entrada de material flotante y el caudal del canal.

Reservorios para almacenar agua

El almacenamiento de agua en reservorios permite tener, al productor agropecuario, un suministro de agua de buena calidad en el verano o durante las sequías o veranillos que se presentan en invierno.

Reservorios Dique – Represa

Los embalses de represa almacenan gran parte del agua por encima de la superficie original del terreno. Se construyen en áreas con pendientes suaves a moderadas y donde la represa se puede levantar transversalmente a una depresión.

Se considera que un estanque es de represa, cuando la profundidad del agua embalsada encima de la superficie sobrepasa 90 cm.

El reservorio Dique-represa con revestimiento es necesario cuando los suelos no son arcillosos y se tiene alta infiltración del agua. Los principales tipos de revestimiento son plásticos y geomembrana de PVC.

La variante con gaviones se puede utilizar donde hay suficiente piedra para armar el dique. En este caso, no es necesario hacer movimientos de tierra en la depresión natural donde se construye el reservorio.

Capacidad de almacenamiento

Para determinar el volumen de agua requerido, debe tenerse en cuenta el uso que se le dará a ella, así como las pérdidas por evaporación e infiltración y el agua de reserva. Si el estanque es de forma geométrica no hay ninguna dificultad para calcular el volumen, ya que se usan los cálculos de geometría general, si es de forma irregular, se debe hacer el levantamiento topográfico (con teodolito o estación total) para posteriormente estimar el volumen, (Revisar plano de reservorio en anexos).

Sedimentador

El sedimentador sirve para la separación parcial de partículas sólidas suspendidas en un líquido por acción de la gravedad.

Siempre que sea posible, es adecuado instalar un sedimentador a la entrada del reservorio, con el fin de evitar que muchas partículas entren al estanque, con su consecuente problema de acumulación en el fondo e, inclusive, contaminación de aguas y obstrucción de tuberías.

Suele haber diferencias entre la sedimentación de partículas finas y gruesas, ya que, en el primer caso, se producen interacciones importantes entre las partículas, que dan lugar a estados coloidales de difícil sedimentación.

Equipos utilizados para medir las variables

Un sistema de bombeo requiere algunos equipos o instrumentos para medir las diferentes variables del proceso tales como flujo volumétrico, presión

Medidor de caudal

La medición adecuada del flujo es esencial para el control de procesos industriales, vigilancia de fluidos y evaluar el rendimiento de equipos y sistemas de bombeos.

Existen muchos tipos de medidores de flujo disponibles comercialmente, los cuales varían su precisión en base a técnicas de medición con la cual fueron diseñados, entre ellos tenemos medidor de flujo placa orificio, rotámetro, magnético, ultrasónico, vértice, turbina, entre otros.

Medidor de altura y distancia

El GPS es un equipo que será utilizado en esta investigación, ya que con este equipo se puede realizar las medidas de las alturas y distancias que constituyen en parámetros de dimensionamiento el estudio de un sistema de bombeo.

Voltímetro y Amperímetro

- Voltímetro es un dispositivo que permite realizar la medición de la diferencia de potencial o tensión que existe entre dos puntos pertenecientes a un circuito eléctrico.
- Amperímetro es un dispositivo que permite realizar la medición de los amperios que tiene la corriente eléctrica en un circuito eléctrico.

Elementos necesarios para el control de la bomba

Contactador

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada"

Interruptores termomagnéticos

Los interruptores de protección termomagnéticos están equipados con mecanismos de disparo: la pieza dependiente de la temperatura del mecanismo está compuesta por un bimetálico con un arrollamiento de calefacción. Corrientes que superan la corriente nominal del módulo de protección, generan calor en el alambre caliente. El bimetálico se curva y reacciona sobre el

mecanismo de conexión hasta que se desconecta. La reacción a corrientes de sobrecarga se retrasa.

El mecanismo de disparo magnético está compuesto por una bobina magnética y armadura rebatible o sumergible. Corrientes que superan la corriente nominal del módulo de protección, generan un campo magnético en la bobina. Con la corriente se refuerza el campo magnético y atrae la armadura. Cuando se alcanza el valor límite predeterminado la armadura acciona el mecanismo de disparo y desconecta de este modo el módulo de protección. La reacción a corrientes de cortocircuito y altas corrientes de sobrecarga ocurre en un periodo entre tres a cinco milisegundos.

Temporizador

Un temporizador es un aparato con el que podemos regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo. El elemento fundamental del temporizador es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocida. El tiempo es determinado por una actividad o proceso que se necesite controlar.

Relés

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Luces piloto

Esta luz piloto de baja potencia tiene como propósito darnos un aviso visual de que tenemos encendido un equipo electrónico. Mientras el equipo electrónico esté funcionando la luz piloto está encendida demostrando que hay consumo de energía.

Botones de paro y de arranque

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas y tamaños y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.

Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo.

Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA o NO (Normally Open en inglés), o con un contacto normalmente cerrado en reposo NC.

Cálculo del caudal

Volumen

(Falex, 2017) cita que “Es una magnitud métrica de tipo escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, ya que se halla multiplicando la longitud, el ancho y la altura”.

Ec 1: Volumen

$$V = l \cdot a \cdot h$$

Donde:

V: volumen (m³)

l: longitud (m)

a: ancho (m)

h: altura (m)

Caudal

(Falex, 2017) cita que “Caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo”.

Ec 2: Caudal

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

t: tiempo (s)

Velocidad v (m/s)

(Falex, 2017) cita que “La velocidad es una magnitud física de carácter vectorial que expresa la distancia recorrida por un objeto en la unidad de tiempo”.

Ec 3: Velocidad

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

v: velocidad (m/s)

D: diámetro (m)

Procedimiento de diseño y cálculo de un sistema de bombeo

Seguidamente, se presenta el procedimiento de diseño y cálculo de un sistema de gravedad, para in sistema de bombeo típico impulsado por una bomba centrífuga.

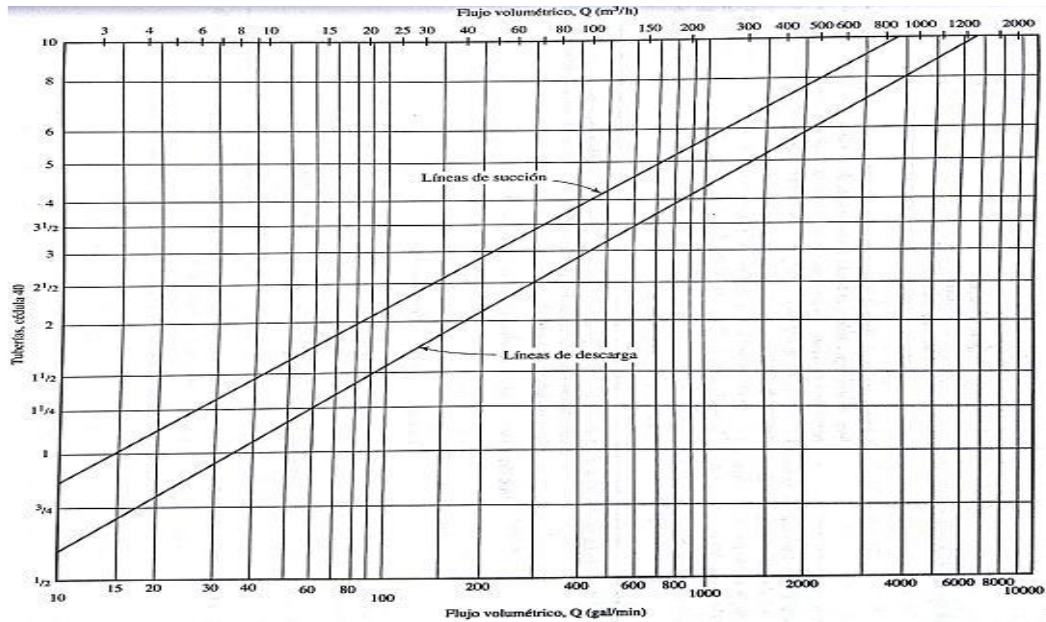
Sistema de bombeo con energía eléctrica

Este sistema consiste en un tanque cisterna ubicado al nivel de la fuente de agua (vertiente artificial por gravedad), tubería de succión, bomba centrífuga, tubería de descarga, tanque de llegada (almacenamiento) de agua y accesorios de acuerdo al requerimiento del sistema.

Selección de tubería de succión y descarga

Para la selección de la tubería adecuada, se parte como parámetro de diseño con el caudal requerido en la Junta de riego Nueva Vida, el mismo que de acuerdo a las mínimas velocidades de flujo recomendables para tuberías según (Mott, 2006) como se muestra en la figura xx, permite seleccionar el tamaño de la tubería para la succión y descarga, en función del caudal.

Figura 10: Velocidades de flujo recomendadas



Fuente: (Mott, 2006)

Balance de energía sistema de bombeo

Al realizar el estudio energético se utiliza la ecuación de la energía, la misma que permite encontrar la energía proporcionada por la bomba h_A (cabeza) para impulsar el líquido, esto una vez que se calcule la pérdida de energía por rozamiento dentro del sistema.

La ecuación de la energía se plantea de la siguiente manera:

Ec 4: Ecuación de la energía

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

Donde:

P_1 y P_2 : Presiones en los puntos inicial y final del sistema (Pa)

Z_1 y Z_2 : Coordenadas verticales de los puntos iniciales y final del sistema (m)

V_1 y V_2 : Velocidades del fluido en los puntos inicial y final del sistema (m/s)

h_A : Energía por unidad de peso de fluido proporcionada por la bomba al sistema (J/N)

h_L : Pérdidas de energía por unidad de peso de fluido entre los puntos iniciales y final del sistema (J/N)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

Cálculo de pérdidas de energía

Para el cálculo de pérdidas en un sistema se utiliza la ecuación de Darcy Weisback, la misma que permite determinar las pérdidas por rozamiento en el trayecto de tubería.

La ecuación de Darcy Weisback es la siguiente:

Ec 5: Ecuación de Darcy Weisback

$$h_L = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

λ : factor de fricción en la tubería

L: longitud de la tubería (m)

D: diámetro interior de la tubería (m)

V: velocidad del fluido en la tubería (m/s)

Las pérdidas de los accesorios tales como válvulas, codos, reducciones, entradas y salidas se denominan pérdidas menores (h_{Lm}) y se obtienen mediante un coeficiente de pérdidas (K), el cual se lo encuentra tabulado y depende del diseño, material y método de fabricación del mismo, en este caso la ecuación de cálculo se modifica de la siguiente forma:

Ec 6: Coeficiente de perdidas

$$h_{Lm} = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Las pérdidas de tuberías se denominan pérdidas mayores y se obtienen mediante el factor de fricción f , el mismo que depende de si el flujo dentro del sistema es laminar o turbulento.

Para definir si el flujo es laminar o turbulento se calcula el Número de Reynolds, el cual es un parámetro adimensional, mediante la siguiente ecuación:

Ec 7: Numero de Reynolds

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Una vez calculado el Número de Reynolds se define de la siguiente manera:

Si, $N Re \leq 2000$, El flujo es laminar

Si, $N Re \geq 4000$, El flujo es turbulento

Para determinar el factor de fricción primeramente se encuentra la rugosidad relativa de la tubería (D/ε), obteniendo la rugosidad (ε) de tablas, dependiendo del material y tipo de fabricación de la tubería. Una vez encontrada la rugosidad relativa y el número de Reynolds, se obtiene el factor de fricción f utilizando el diagrama de Moody o mediante las siguientes ecuaciones (Mott, 2006)

Ec 8: Para flujo laminar

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Ec 9: Para flujo turbulento

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7 \left(\frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Ec 10: Válida hasta $Re < 100000$

$$\lambda = 0,31.64 \cdot Re^{-0,25}$$

Una vez planteada la ecuación de la energía y realizado los diversos cálculos se obtiene como resultado la cabeza de la bomba h_A que permite seleccionar la bomba adecuada para el sistema de bombeo.

Cálculo de resistencia

Para determinar la oposición al flujo de agua, al moverse a través del trayecto de la tubería.

Ec 11: Resistencia a través de la trayectoria de la tubería

$$R = \frac{\left(\text{coef loc} + \frac{\lambda \cdot L}{D} \right) \cdot 8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4}$$

Donde:

R: resistencia de la red

coef loc: coeficiente

g : gravedad

Cálculo de pérdidas de carga

La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.

Ec 12: Perdidas de carga

$$H_r = dZ + R \cdot Q^2$$

Donde:

H_r : perdidas de carga

dZ : altura del sistema

R : resistencia de la red

Cálculo de cavitación

Con la finalidad de verificar el riesgo de cavitación es el sistema de bombeo, se requiere obtener la Cabeza de Succión Neta Positiva Disponible (NPSHD).

Ec 13: Ecuación para verificar la cavitación

$$NPSH_d = \frac{P_{sp}}{\gamma} \pm h_s - h_L - \frac{P_{vp}}{\gamma}$$

Donde:

P_{sp} : presión estática

h_s : elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea de entrada de succión de la bomba en (m)

h_L : pérdida de energía por unidad de peso de fluido en la succión de la bomba (J/N)

P_{vp} : presión de vapor (absoluta) del líquido a temperatura de bombeo (Pa)

γ : peso específico del agua a temperatura de bombeo

Teniendo en cuenta que el fabricante de la bomba proporciona la Cabeza de Succión Neta Positiva Requerida (NPSHR) mediante gráficas, con lo cual se verifica que no habrá cavitación si se cumple la siguiente relación:

Ec 14: Relación para verificación de cavitación

$$\text{NPSHD} > 1,1 \cdot \text{NPSHR}$$

Cálculo de la Potencia

Para el cálculo de la potencia de manera general se considera que toda máquina tiene una potencia de entrada (P_e) y una potencia de salida (P_s) y la relación entre las dos es el rendimiento o eficiencia del equipo.

Ec 15: Calculo de potencia

$$P_e = \frac{P_s}{\eta}$$

Donde:

P_e : potencia de entrega (kW)

P_s : potencia de salida (kW)

η : rendimiento o eficiencia

La eficiencia y potencia de entrada de la bomba se obtiene de gráficas del fabricante y de igual manera, la eficiencia de la bomba del motor se la obtiene de sus datos de placa.

Energía consumida

Para obtener la energía consumida por el sistema se calcula la energía requerida para operar la bomba que impulsa el flujo requerido, mediante la siguiente ecuación:

Ec 16: Consumo de energía

$$E = P_e \cdot t$$

Donde:

E : energía consumida (kWh)

t : tiempo de operación (h)

Cálculo de estimación de movimiento de tierras para un reservorio

La forma de calcular el material de tierra por mover, es

Ec 17: Movimiento de tierra

$$V = A \cdot L$$

Donde:

V: volumen de tierra en m^3

A: área transversal de muro en m^2

L: longitud del muro en m

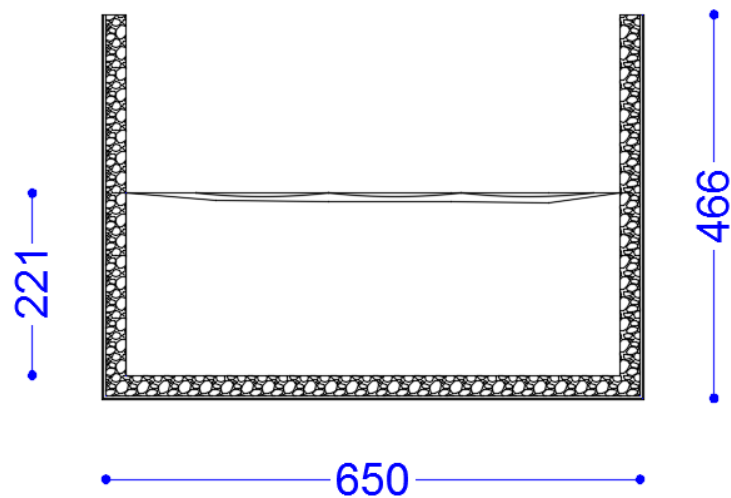
11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Verificación del caudal

Caudal

Para determinar la cantidad de agua que fluye por el canal se hace se realiza la medición, del canal para obtener las dimensiones y la altura del agua.

Figura 11: Dimensiones del canal a cielo abierto existente



Elaborado por: Los autores

Tabla 4: Dimensiones del canal

Datos	mm	m
Altura	438	0,438
Ancho	600	0,6
Altura del agua	221	0,221

Elaborado por: Los autores

Obtenido esos datos se procede a medir 10 m a lo largo del canal, teniendo señalado estos puntos, se requiere de una pelotita de espuma Flex de la cual se debe saber los siguientes datos.

Tabla 5: Dimensiones de la pelotita de espumarles

Perímetro	15.4 cm
Radio	2,45cm
Diámetro	4,9cm
Área	75,43 cm ²
Volumen	34,65 cm ³

Elaborado por: Los autores

A continuación, con un cronometro se procede a tomar el tiempo que se demora en recorrer la pelotita, entre los puntos señalados anotar los tiempos que se demoren y repetir la veces que sean necesarias.

Tabla 6: Tiempos obtenidos

N°	Tiempo (s)	Distancia (m)
1	28,5	10
2	19,8	10
3	22	10

Elaborado por: Los autores

Se realiza un promedio de todos los tiempos tomados en cual es de 23,43 s, obtenemos el volumen del canal referente a la altura del agua, con la Ec: 1

$$V = 1,33\text{m}^3$$

Obtenido el volumen procedemos a calcular el caudal con la Ec: 2

$$Q = 0,057 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 57 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

El caudal que fluye por el canal es de 57 l/s, y el recomendado para la junta de riego “NUEVA VIDA”, es de 20,40 l/s la cual se observa que si hay el abastecimiento necesario para la junta de riego.

La velocidad de agua que fluye por la tubería de 150 mm (6”) se calcula con la Ec: 3

$$v = 1,16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad obtenida para un caudal de 20,40 l/s es de 1,16 m/s.

Requerimientos de agua en la junta de riego nueva vida

El requerimiento de agua en la junta de riego nueva vida dependerá de la clase de cultivos y del área disponible para la producción de los cultivos, por otra parte, se debe especificar la crianza de animales de granja que se planificará desarrollar en el sector.

Condición geográfica para el sistema a gravedad

Para el adecuado suministro de agua es necesario descender el líquido vital disponible desde el punto de captación ubicado a una altitud de 2828 msnm, la distancia es de 1275 m a una bajada de 12 m, la cisterna ubicada a una altitud de 2816 msnm.

Figura 12: Perfil vertical del trayecto por gravedad



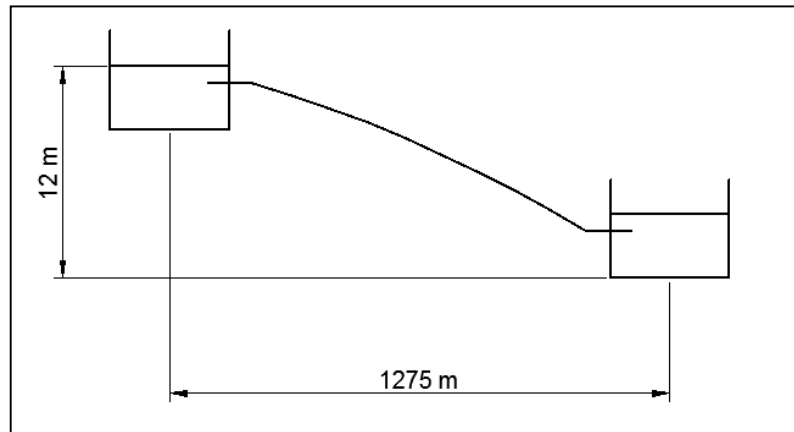
Fuente: Google Earth (2017)

Sistema de gravedad

El sistema consiste en un tanque de captación ubicado en la fuente principal concedida por SENAGUA, el sistema a gravedad se utilizará tubería para el transporte, esta tubería recorrerá todo el trayecto llegando a descargar en un tanque o cisterna, la cual contará con una caseta

donde se encontrará el sistema de impulsión y los accesorios para el correcto funcionamiento del sistema de bombeo.

Figura 13: Esquema de la conducción por gravedad



Elaborado por: Los autores

Selección de la tubería a gravedad

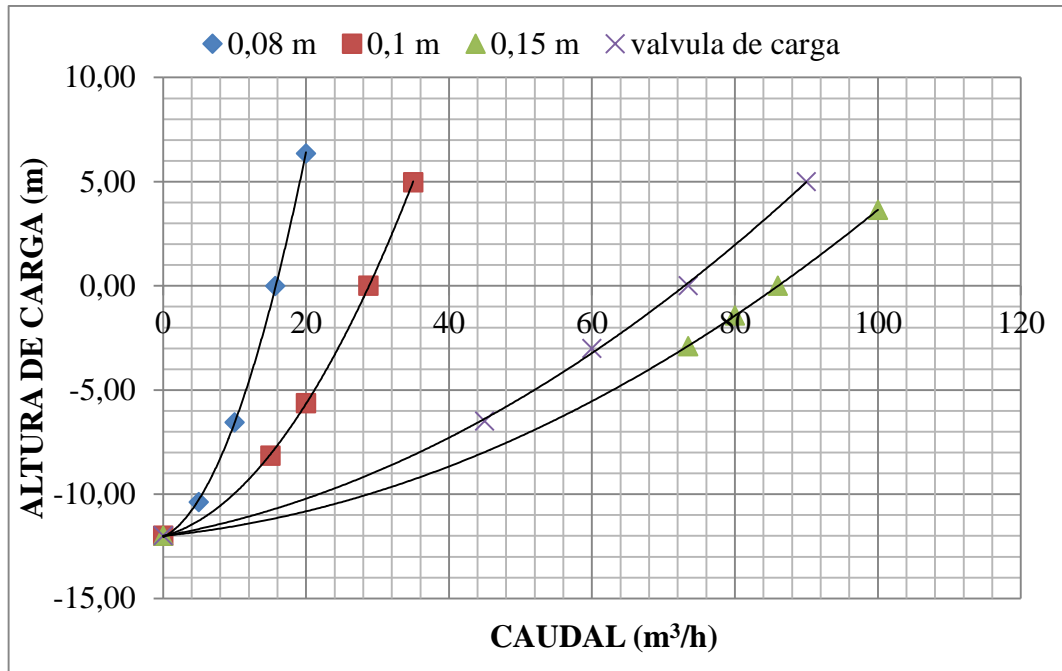
Tabla 7: Datos de caculo tubería de gravedad

Q (m³/h)	v (m/s) Ec: 3	Re Ec: 7	λ Ec: 10	R (s²/m⁵) Ec: 11	hL (m) Ec: 5	Hr (m) Ec: 12
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00
73,44	1,15	173092,48	0,02	21868,58	8,96	-2,90
80	1,26	188553,90	0,02	21412,71	10,41	-1,43
86	1,35	202695,45	0,01	21034,90	11,82	0,00
100	1,57	235692,38	0,01	20268,62	15,39	3,64

Elaborado por: Los autores

Con la finalidad de conocer el requerimiento de la tubería que transporte para un caudal de 73,44 m³/h (20,40 l/s) asignado por la secretaria del Agua.

Figura 14: Selección de la tubería adecuada



Elaborado por: Los autores

Para el suministro de agua desde el tanque de captación hacia la cisterna se disponen la utilización de tubería y accesorios (uniones) de polietileno (PE) diámetro nominal 160 mm (6"), a una presión ruptura de 0,63 MPa con una longitud de 1275 m que será instalada de forma vertical de acuerdo a las condiciones geográfica del terreno.

Tabla 8: Selección de tubería

Dt (mm)	Ecuación de la curva	Q (m³/h)	12,02	Q(l/s)
80	$y = 0,0375x^2 + 0,1732x - 12,06$	15,74	12,02	4,37
100	$y = 0,0112x^2 + 0,0931x - 12,015$	28,86	12,02	8,02
150	$y = 0,0012x^2 + 0,0347x - 12$	86,68	12,02	24,08

Elaborado por: Los autores

Para alcanzar el caudal deseado de 73,44 m³/h se debe colocar una válvula de carga, disminuyendo así el exceso de caudal, ya que la sentencia dictada por SENAGUA dispone de no sobre pasar el caudal concedido.

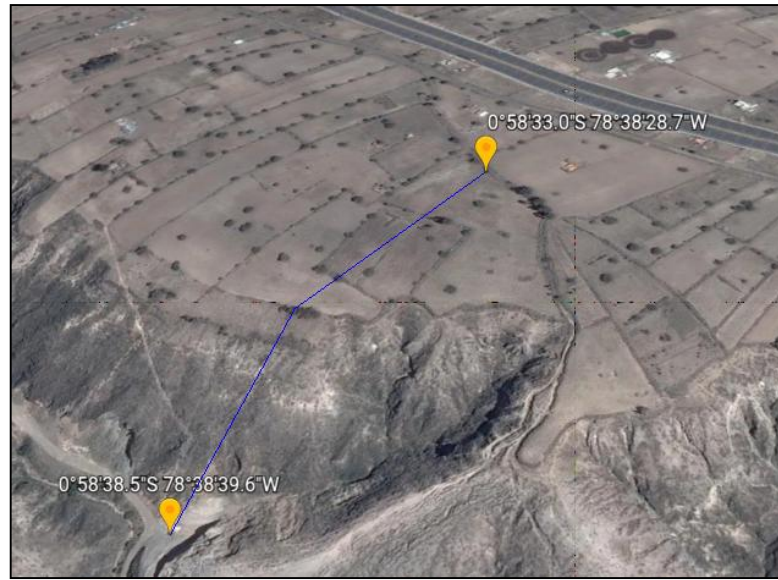
Abastecimiento de la cisterna

Con el caudal de descarga de 73,44 m³/h del tramo a gravedad el tanque cisterna se llenará en un tiempo de 1,72 horas dando un volumen de 126 m³ del tanque cisterna, (Revisar plano en anexos).

Condición geográfica para el sistema de bombeo

Para el adecuado suministro de agua es necesario elevar el líquido vital disponible desde la cisterna ubicada a una altitud de 2816 msnm, la distancia es de 450 m y su elevación es de 129 m, el tanque de almacenamiento de agua de riego está ubicado a 2945 msnm.

Figura 15: Perfil del trayecto de impulsión



Fuente: Google Earth (2017)

Sistema de bombeo impulsado con energía eléctrica

El sistema consiste en un tanque cisterna ubicado en la fuente del agua, tubería de succión, bomba centrífuga multietapas acoplado su respectivo motor eléctrico, tubería de descarga tanque de llegada o almacenamiento de agua y accesorios.

Figura 16: Esquema del sistema de bombeo con bomba centrífuga



Elaborado por: Los autores

Para el correcto funcionamiento del sistema se considera las horas en que la bomba estará en operación durante el día, esto es en función a las necesidades de producción y disponibilidad de la capacidad de los tanques como el tanque cisterna y el tanque de almacenamiento.

Calculo de capacidad requerida

De acuerdo al caudal concedido por SENAGUA y el número de usuarios se determina un caudal de dotación para cada usuario, de acuerdo a los datos ya conocidos como es el número de usuarios que es de 74 y el caudal de dotación que es $86.4 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{día}$ dando como resultado un valor de consumo promedio diario de 6343.6 m^3 .

Capacidad y dimensionamiento de un reservorio

Para determinar la capacidad de almacenamiento de un reservorio se determinará el caudal de dotación, este se determinará por el número de usuarios siendo estos quienes decidan el caudal de dotación final, pero para fines de estudio de considero un caudal de dotación aproximado de 0.5 a 1 l/s para cada usuario.

Tomando en cuenta el valor obtenido se determina el volumen del reservorio con una capacidad de regulación del 25 al 30% del volumen del consumo promedio diario, dando como resultado un valor de 1598.4 m^3 , siendo este el volumen base para el diseño del reservorio principal, (ver plano de reservorio principal en anexos).

Selección del tipo de bomba

Tabla 9: Datos bomba obtenidos del fabricante

Q (m³/h)	η (%)	Hb (m)	P (kW)	NPSHr (m)
0	0	170	24	2
20	38	169	30	2,1
50	66	158	42	2,41
73,44	72	140	49	3,1
90	66	120	52	4,45

Elaborado por: Los autores

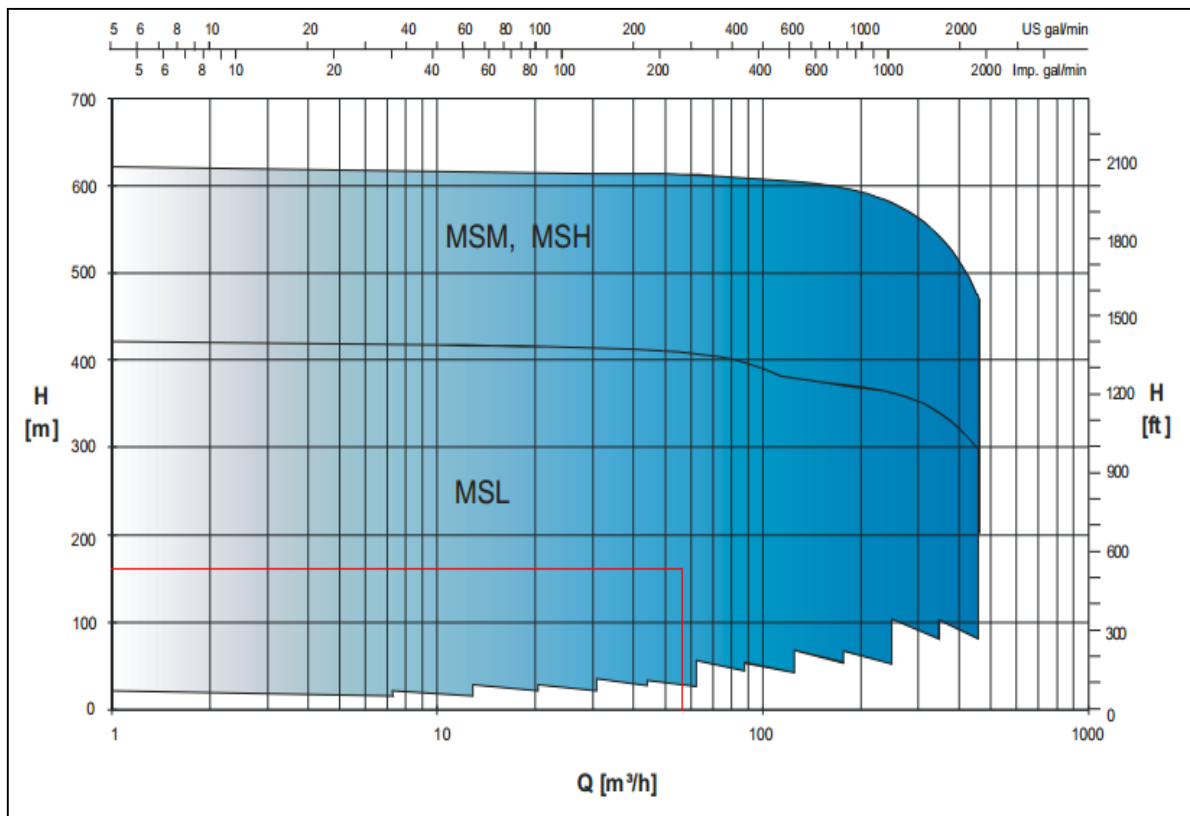
Tabla 10: Datos calculados

Q m³/h	v (m/s) Ec: 3	Re Ec: 7	λ Ec: 10	R (s²/m⁵) Ec: 11	hL (m) Ec: 5	Hr (m) Ec: 12	Rs (s²/m⁵) Ec: 11	hLs (m) Ec: 5	Hs (m) Ec: 12	NPSHd (m) Ec: 13
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	129,00	0,00	0,00000	0,000	13,29
20	0,71	70707,71	0,02	73871,97	2,2289	131,28	716,92	0,00991	0,022	13,26
50	1,77	176769,29	0,02	59086,88	11,0788	140,40	703,94	0,04924	0,136	13,15
73,44	2,60	259638,73	0,01	53823,91	21,7109	151,40	699,32	0,09649	0,291	13,00
90	3,18	318184,71	0,01	49583,92	30,9899	159,99	697,05	0,13773	0,436	12,85

Elaborado por: Los autores

Tomando como referencia el caudal de bombeo requerido que es de 73,44 m³/h y la altura que se desea alcanzar de 129 m se selecciona el tipo de bomba a utilizar y la tubería para la impulsión del fluido.

Figura 17: Selección de la serie de bomba



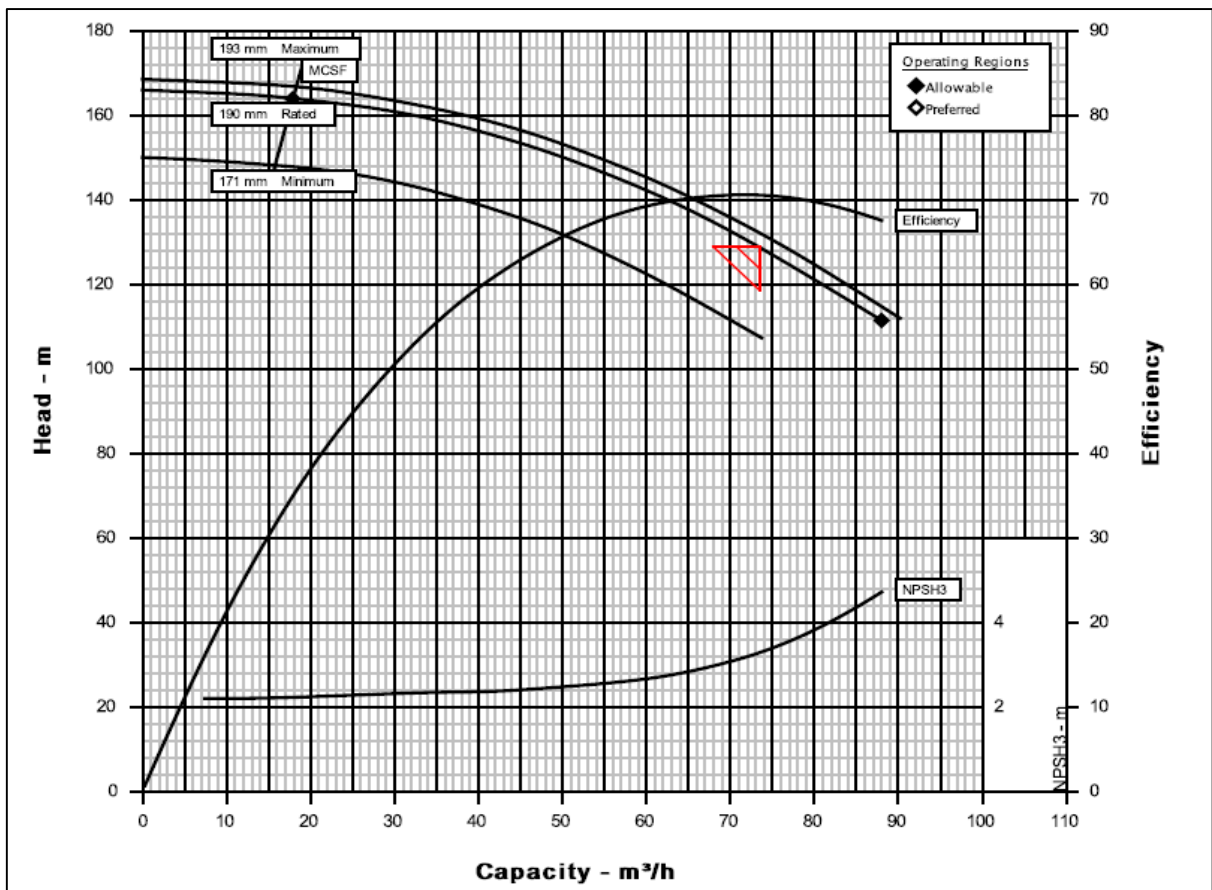
Fuente: FLOWSERVE (2016), HALBERG Maschinenbau GmbH, Ludwigshafen Alemania

Ya seleccionado el tipo de bomba que se va a utilizar, y dando como resultado la bomba tipo MSL-065-B, a una velocidad de 3600 rpm a 60 Hz, a presión nominal (PN) de 40 bar, Caudal: máx. 190 m³ / h, Cabeza de entrega: máx. 445 m, Materiales: Hierro fundido, Acero inoxidable y a una temperatura: máx. 190 °C.

Selección de la bomba

De acuerdo al valor de la cabeza de la bomba encontrado se selecciona una bomba centrífuga de la marca FLOWSERVE, tipo MLS, velocidad de 3600 rpm, serie SIHI multi 065 B de dos etapas.

Figura 18: Curva de la bomba y punto de operación

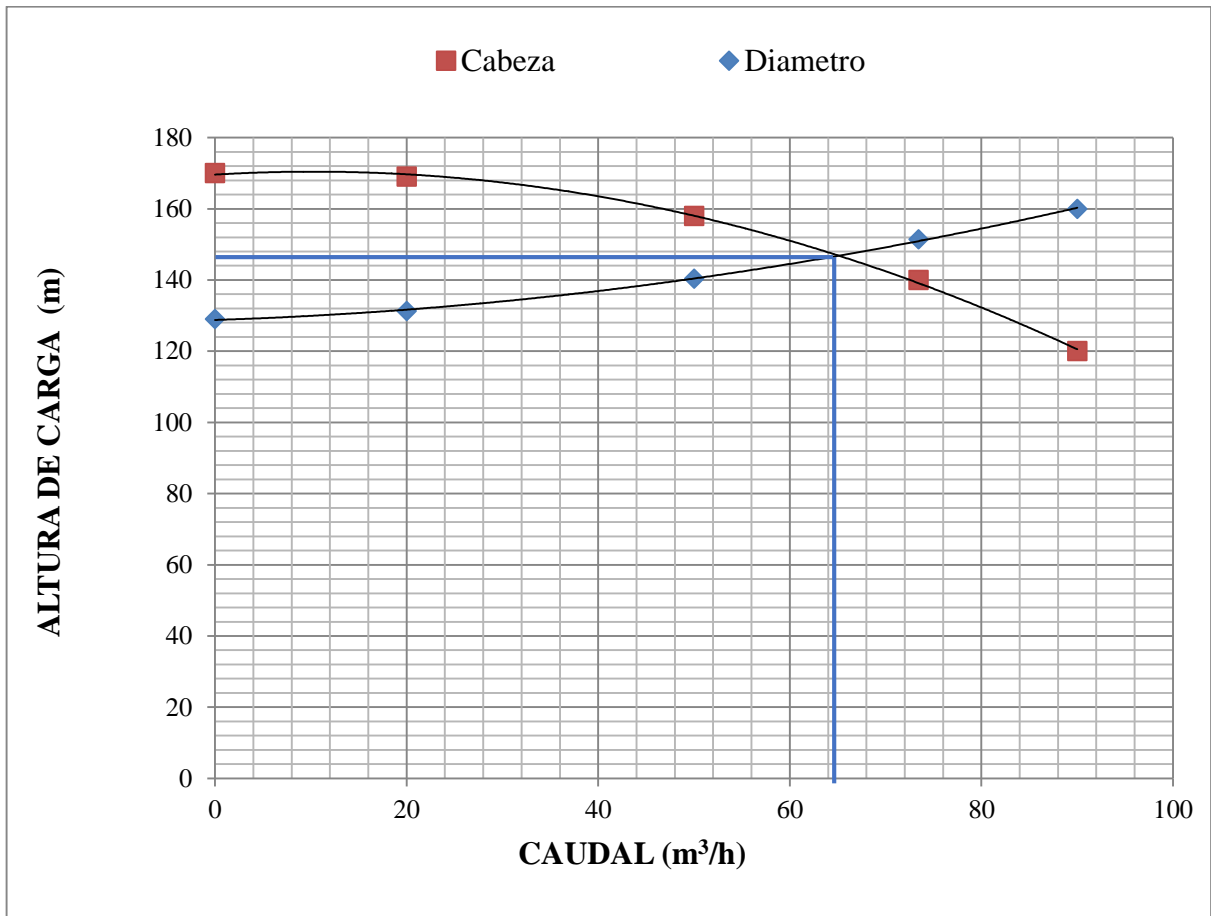


Fuente: FLOWSERVE (2017), HALBERG Maschinenbau GmbH, Ludwigshafen Alemania

Esta bomba por sus características entrega el caudal al requerido

De acuerdo a la gráfica entregada por el fabricante el punto de operación dado es una cabeza (hA) de 130 m, a un caudal de 73,44 m³/h, lo que da como resultado que la bomba opera en un tiempo estimado originalmente, para abastecer el tanque de almacenamiento de la Junta de Riego Nueva Vida.

Figura 19: Curva de la bomba y punto de operación del sistema requerido



Elaborado por: Los autores

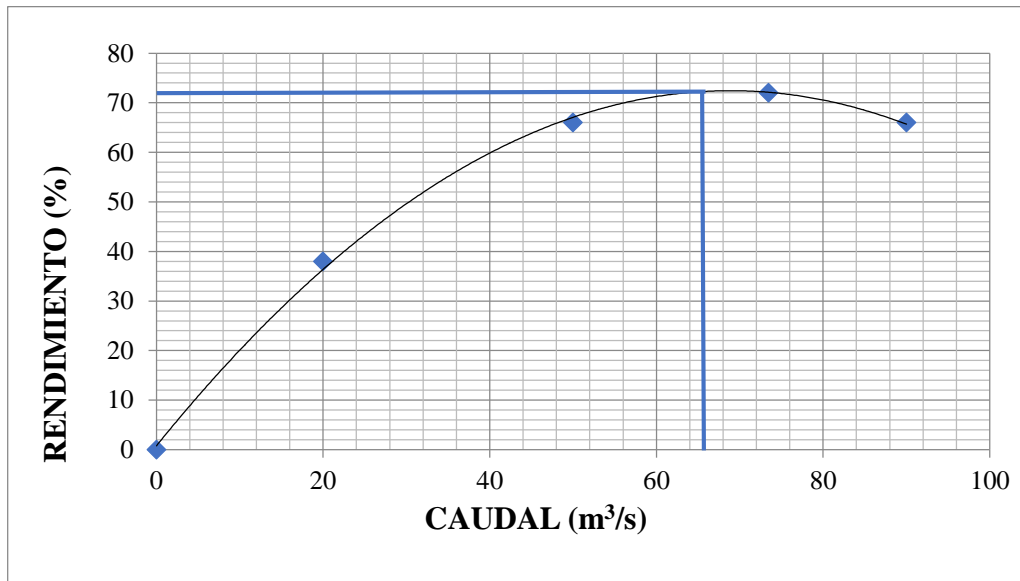
De acuerdo a la gráfica realizada para el sistema de bombeo, el punto de operación por una altura de cabeza (hA) de 148 m a un caudal de 65 m³/h, lo que da como resultado que la bomba opera en el tiempo estimado originalmente.

Selección tubería de succión y descarga

Con el caudal indicado y tomando en cuenta las velocidades de flujo recomendables para tuberías según (Mott, 2006), se selecciona tubería de PVC de diámetro nominal 125 mm (5"), para la succión.

Tubería de PVC de diámetro nominal 100 mm (4"), la cual resiste una presión máxima de 1,45 MPa (210,5 Psi) en la descarga, además considerando que, debido a las geográficas del terreno, este tipo de tubería ofrece mayores facilidades para su instalación.

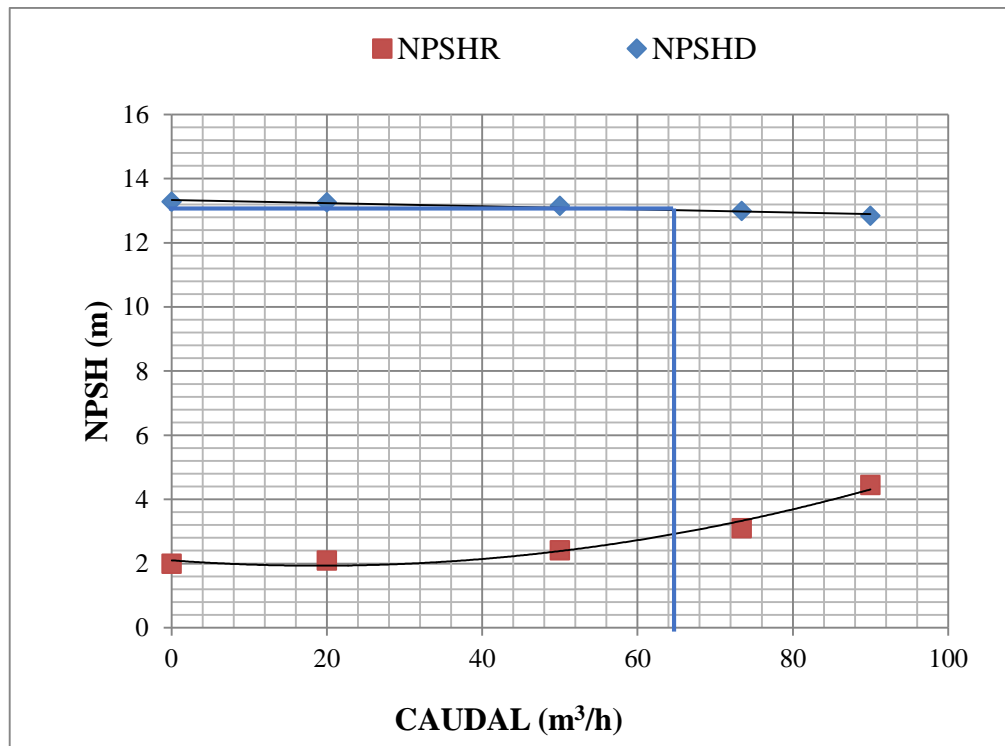
En la siguiente figura se define el rendimiento de operación de la bomba que es de 72 %.

Figura 20: Curva de la eficiencia de operación

Elaborado por: Los autores

Verificación riesgo de cavitación

Con la finalidad de verificar el riesgo de cavitación en el sistema de bombeo diseñado para esta aplicación, se aplica la tabla desarrollada en Excel.

Figura 21: Curva de NPSHR y NPSHD de operación

Elaborado por: Los autores

Por otra parte, el fabricante de la bomba proporciona la Cabeza de Succión Neta Positiva Requerida (NPSHr), la cual se encuentra en la siguiente gráfica en función del caudal de operación.

Teniendo en cuenta la gráfica se observa que la Cabeza Neta positiva Disponible (NPSHd), la cual es mayor que la Cabeza de Succión Neta Positiva Requerida (NPSHr), se entiende que el sistema de bombeo no cavitara.

A continuación, se presenta las características técnicas de la bomba seleccionada.

Tabla 11: Características técnicas bomba seleccionada

Marca	Flowserve-SIHI
Modelo	MSL-065-B
Número de etapas	2
Posición	Horizontal
Diámetro de impulsor	190 mm
Material Cuerpo/Impulsor	Hierro fundido Acero inoxidable
Presión máxima	40 bar
Temperatura de operación	-10°C 190°C
Rendimiento máximo	72 %
Caudal máximo (Q)	190 m ³ /h
Cabeza máxima (hA)	425 m
Diámetro de succión (Ds)	5" (125 mm)
Diámetro de descarga (Dd)	4" (100 mm)
Frecuencia (f)	60 HZ
Velocidad angular (w)	3600 rev/min
Potencia máxima	50 hp (37,29kW)

Elaborado por: Los autores

Control del sistema de bombeo

Para el control de la bomba se instalará un sistema manual y un automático.

La parte manual consta de un botón de arranque y otro botón de paro de la bomba. Este sistema cuenta con los siguientes componentes:

Termomagnético de circuito de fuerza, trifásica de 16 A, de acuerdo al tipo de bomba utilizada.

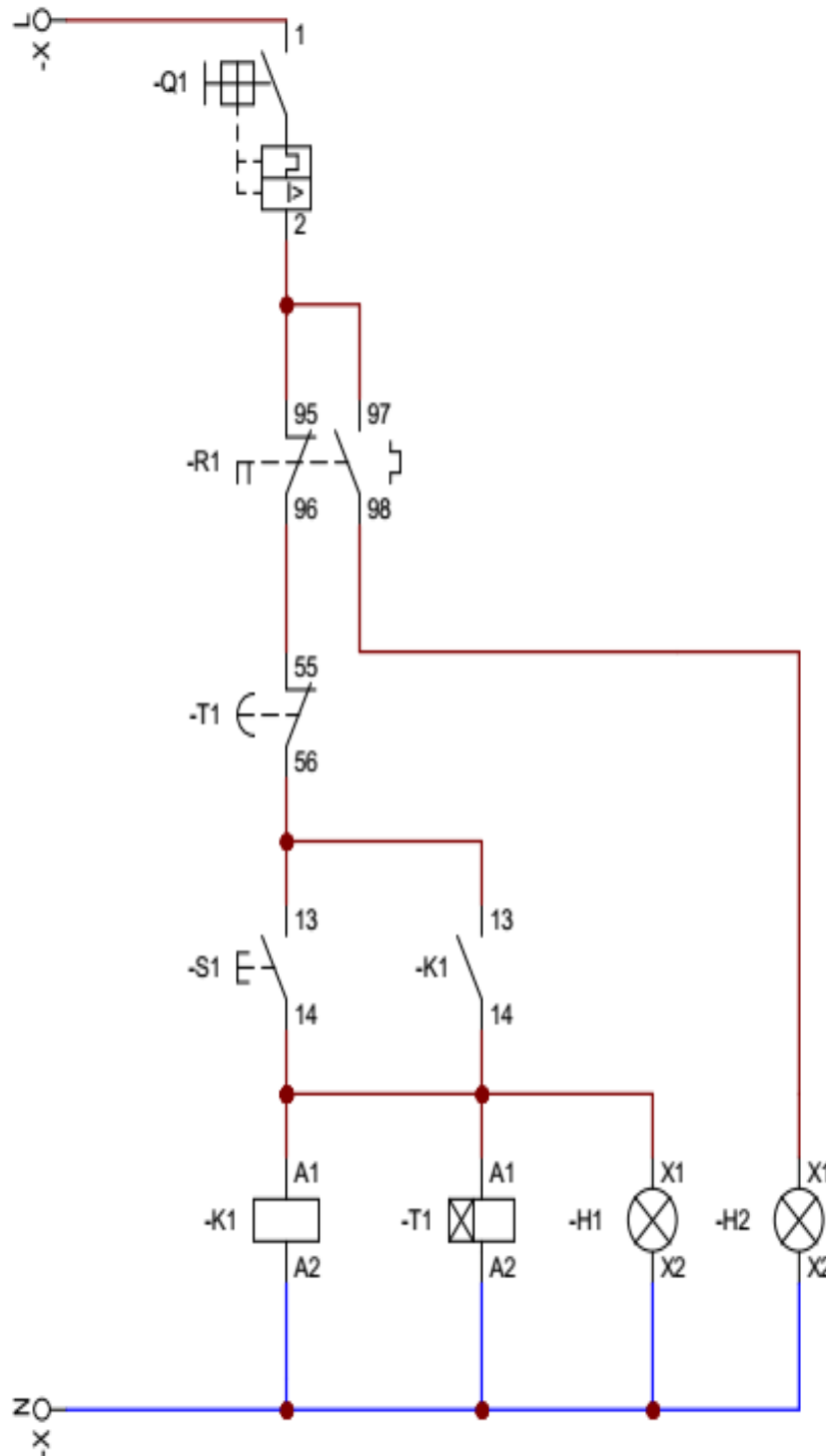
Un contactor que regula la interrupción del circuito de fuerza.

Botones de comando para marcha y parada.

Luces de señalización. Una verde de bomba trabajando y una roja que avisa si se dispara la protección térmica.

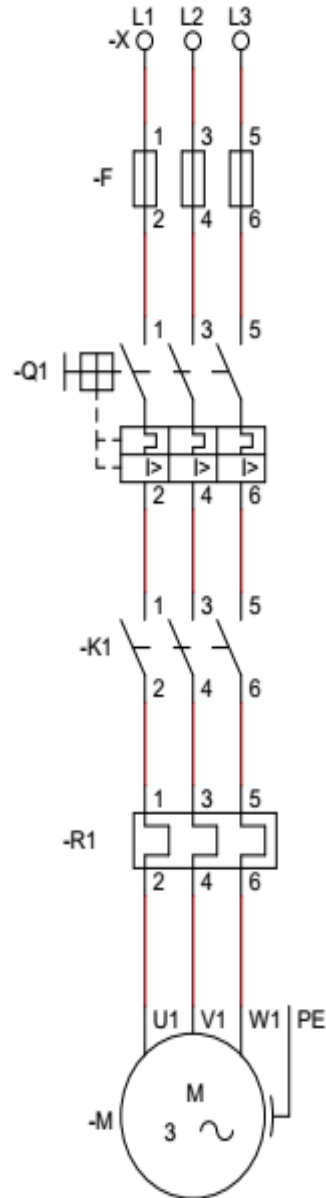
Un temporizador eléctrico para la conexión y desconexión de la bomba.

Figura 22: Circuito de control de la bomba



Elaborado por: Los autores.

Figura 23: Esquema de sistema automático bomba - cisterna



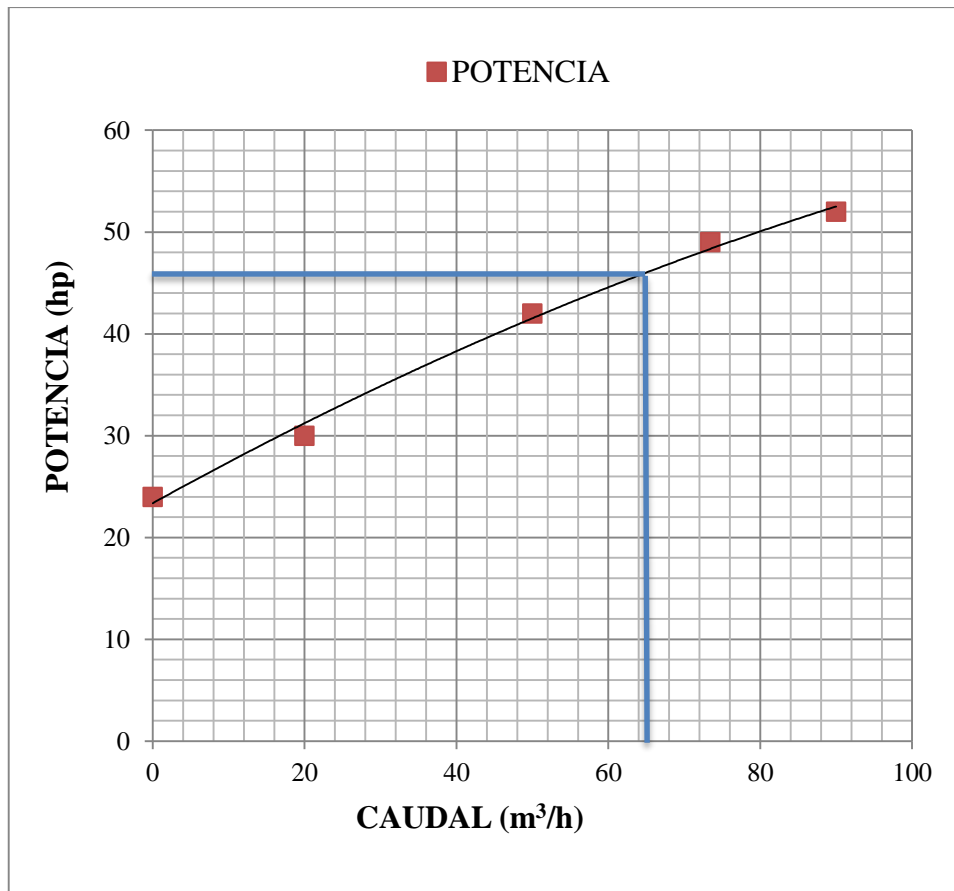
Elaborado por: Los autores.

Consumo energético del sistema de bombeo

Con la finalidad de conocer el requerimiento energético del sistema, se obtiene la potencia requerida para la operación de la bomba de la figura tomada de los cálculos realizados para el sistema de bombeo.

Se define una potencia de operación de un 50 hp a un caudal de 65 m³/h.

Figura 24: Curva de la potencia de operación



Elaborado por: Los autores

Por otra parte, para obtener la potencia de entrada al motor eléctrico, se considera que el mismo tiene un rendimiento del 88%, con lo cual se aplicará la Ec: 15 obteniendo dicha potencia.

$$P_e = 42,38 \text{ kW}$$

Tomando en cuenta el requerimiento de agua de la Asociación Nueva Vida de 1456 m³/día y el caudal de operación, se obtiene el tiempo efectivo de operación de la bomba de 20 horas diarias, el mismo que permite evaluar el consumo energético con la Ec: 16.

$$E = 3051000,00 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} = 847,50 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

El consumo de energía se lo evalúa para un mes estimado de 30 días, de la siguiente manera:

$$E = \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \cdot \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}}$$

$$E = 25425,02 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Consumo de energía instalaciones de la Junta de riego Nueva Vida

Para definir el consumo actual de energía en la Junta de riego Nueva Vida, antes de disponer de un sistema de bombeo, se obtiene un valor de cero por el motivo que recién se va efectuar la solicitud de acometida para el funcionamiento del sistema de bombeo.

Análisis del consumo global de energía

Con la finalidad de evaluar el consumo global de energía eléctrica de Asociación Nueva Vida, considerando la existencia del sistema de bombeo, se presenta la siguiente 25425,02 kWh/mes, la cual incluye todas las áreas de consumo del sistema de bombeo.

$$E = 25425,02 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \cdot 0,083 \frac{\text{cents}}{\text{kWh}}$$

$$E = 2110,28 \frac{\text{cents}}{\text{mes}}$$

12. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIÉNTALES O ECONÓMICOS

Se presenta un análisis del costo de implementación del sistema de bombeo, análisis del consumo de energía eléctrica y factibilidad del proyecto desde el punto de vista económico, además de la valoración del proyecto desde un enfoque social y ambiental.

Costo del sistema de bombeo

Los costos de equipos, accesorios y materiales requeridos para la implementación del sistema de bombeo, con bomba centrífuga multietapa impulsada con motor eléctrico, se presenta los costos de mano de obra para la instalación mecánica, eléctrica y civil del sistema, (Revisar tabla de presupuesto en anexos)

Evaluación social y ambiental

Desde el punto de vista social el desarrollo de esta propuesta ofrecerá grandes beneficios para la comunidad.

Implementar un sistema de bombeo, se constituye en una alternativa viable para incrementar la producción de los sectores de Chan Chico y Tiobamba, la cual de momento esta subutilizada por la falta de agua.

Proyectos como este ayudan a mejorar la soberanía alimentaria constituyéndose en un beneficio social y además evitan que los habitantes de zonas rurales dejen el campo, por no disponer de un líquido vital como es el agua, para mejorar su producción agrícola y ganadera.

Análisis socio económico

Ubicación

Chan Chico es un sector del barrio el Chan perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro provincia de Cotopaxi, geográficamente se encuentra localizada al suroeste de la ciudad de Latacunga aproximadamente a 8kilometros y medio, a una altitud promedio de 2900 msnm.

Clima

El clima es frio, con temperaturas promedio de 14°C, las precipitaciones máximas ocurren durante los meses de abril y noviembre, y la estación seca durante los meses julio y septiembre en que se registra la mínima precipitación. Esta información es importante para la realizar el estudio de este sistema.

Acceso a la localidad

Chan Chico se encuentra comunicado con la ciudad Latacunga, por medio de una vía asfaltada además se encuentra atravesado por el eje vial 35.

Aspectos urbanísticos

La población del barrio el Chan se ha concentrado desde la quebrada que separa al barrio San Juan, hasta el oriente de Hondón de Gallo, al suroccidente colinda con el barrio Salache Grande, hacia el occidente con la loma de Chucchilan. Su población es de 5000 habitantes y concretamente en Chan Chico habitan aproximadamente 800 personas.

Topografía de la zona

Refiriéndose en general a las características topográficas del terreno, podemos decir que se trata de un área bastante accidentada. Se realizó el levantamiento topográfico del área actual.

Actividad económica

La principal actividad económica de los habitantes de Chan Chico es la agricultura, fuente que les brinda muy pocos recursos ya que su ganadería es casaca, como sucede con la mayoría de agricultores a nivel rural. Sus principales cultivos son: maíz, frejol, chocho, habilla, etc.

Servicios existentes

En la actualidad esta localidad carece de atención médica, alcantarillado aproximadamente el 100% de las familias cuentan con letrinas para la eliminación de excretas. De la misma forma casi toda la población tiene servicio de agua entubada. El agua es distribuida a los usuarios mediante conexiones domiciliarias. Sin embargo, el sistema de abastecimiento de agua potable existente es deficiente e inseguro, por haber llegado el periodo para el cual fue diseñado.

Carece de agua de riego, por lo general las tierras son áridas siendo su composición en parte arenosa y arcillosa por lo que las 74 familias están realizando el estudio de factibilidad, consideran que al ser el riego por aspersión favorecerá al desarrollo socioeconómico de las familias del sector, inclusive se procederá a realizar un nuevo cultivo como productos de largo y corto ciclo, tales como: alfalfa, pastizales, legumbres, hortalizas, cereales, plantas frutales. Siendo esta la gran aspiración de la Junta de Riego y Criadero de Truchas Nueva Vida, (Revisar encuesta socioeconómica en anexo15).

13. PRESUPUESTO

El presupuesto planteado en el anexo 1 nos detalla cada uno de los materiales e instrumentos a utilizar en la elaboración del proyecto.

La distribución del presupuesto está destinado al alquiler de equipos e instrumentos de medición como el elemento de longitud, el equipo de medición de caudal y en GPS para el posicionamiento de cada uno de los lugares donde van ubicadas las partes principales del proyecto, (punto de captación, casa de bombeo y reservorio). En el anexo 2 se detalla el presupuesto de estudio de ingeniería.

El anexo 3 nos muestra el detalle de la inversión final del proyecto ya mencionado anteriormente.

Cronograma de actividades

El anexo 4 describe la actividad realizada en el transcurso del ciclo académico octubre 2016 – febrero 2017, las cuales se detallan cada uno de los parámetros realizados en la elaboración del proyecto, describe cada una de las actividades a realizarse en todo el transcurso del proyecto, también cuenta con el presupuesto de cada elemento a ser instalado en el proyecto.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Durante el levantamiento topográfico se observó las irregularidades del terreno por lo que se planteó un segundo punto de captación ubicada en las coordenadas UTM, WGS 84 9892138N- 762141E en el cual se realizó una experimentación denominada aforación dando como resultado un lugar idóneo para la toma opcional del líquido vital.
- A la hora de seleccionar una bomba para diversas aplicaciones siempre se debe tomar en consideración ciertos parámetros de diseño como: el tamaño del impulsor, la cabeza de impulsión y velocidad de operación, de modo que las características de funcionamiento de la bomba sean en relación con el sistema que va a opera.
- Los métodos de diseño permitieron seleccionar una bomba centrífuga de multietapa que funciona, de manera permanente al caudal requerido a una altura máxima de 148 m y con un rendimiento óptimo en su operación.
- El consumo de energía de un sistema de bombeo, impulsado con motor eléctrico corresponde al 80 % del total de consumo de energía eléctrica de la Junta de Agua de Riego Nueva Vida, en caso de que esta alternativa sea implementada para el abastecimiento del líquido vital.

Recomendaciones

- Antes de proceder al diseño, se debe contar necesariamente con la información de topografía e hidrología del sector en donde se realizará el proyecto, si es posible la movilización personal hasta el mismo sector para observar las características del terreno y de la estructura, que tienen relación directa e indirecta con el proyecto.
- Cundo se seleccione la bomba centrífuga se debe tener muy en cuenta la utilidad de esta y las condiciones a las cuales trabajará para determinar la más adecuada sin mayor costo de inversión ni problemas de cavitación.

- Tener en cuenta que siempre que al trabajar con tubería de PVC esta debe ser tratada con mucho cuidado ya que son susceptibles a los golpes, así como a la exposición prolongada de los rayos ultra violeta por ser sensibles deteriorando la resistencia del material.
- Tener en cuenta que al hacer la captación en el segundo punto propuesto se reducirá el costo de implementación del sistema a gravedad, ya que la distancia se reducirá.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Antonio, G. R., & Esteban, C. B. (2013). *Teoria de Maquinas e Instalacion de Fluidos*. España: UNE.
- Blatt, F. (1991). *Fundamentos de física*. México: Prentice Hall.
- Carlos, B. (2004). Coste de Bombas Centrífugas Funcionando Como turbinas microcentrais em hidrelétricas costo de las bombas como las turbinas hidráulicas para energía hidroeléctrica microescala. *Engenharia Agrícola*, 24(0100-6916), 7.
- Falex. (27 de enero de 2017). *The Free Dictionary*. Obtenido de <http://es.thefreedictionary.com/caudal>
- Ferreccio, A. (1985). *Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua*. lima: CEPIS.
- Hidalgo-Batista, E. R. (2015). Propuesta de dispositivo para diagnosticar las bombas de alta presión de los grupos electrógenos. *Ciencias Holguín*, XXI(1), 1-10.
- Jones, G. M. (2004). *Pumping Station Design*. USA.
- Lasheras A, R. (2012). Cálculo y diseño de un sistema de bombeo para una Edaru. *Universidad Carlos III de Madrid, Dep. de Ciencias e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química*, 38-55.
- Mott, R. L. (2006). *Mecanica de fluidos aplicada*. Mexico: Pearson.
- Muñoz Arboleda, F. (2009). Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. *Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia*, 31, 16-18.

- Pozo, J. F. (2011). Estudio de sistemas de Bombeo Agropecuarios en Mexico. *Comision Nacional para el Uso Eficicente de la Energia*, 1(5), 48.
- Rincón, P. N., Granados , J., & Barrera , H. (1999). *Solución de redes hidráulicas Mediante la Aplicación del Modelo de equilibrio de nodos y El Método de linealización de Ecuaciones*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ruben, N. (2000). *Las bombas centrifugas tienen un impulsor giratorio*.
- Valvias. (27 de enero de 2017). Obtenido de <http://www.valvias.com/numero-de-reynolds.php>
- Yassuda, E. (1966). *Bombas y estaciones elevatorias utilizadas en abastecimiento de agua*. Sao Paulo: Universidad de Sao Paulo.
- Yépez, L. E. (2015). *Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha*. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.

ANEXOS

Anexo 1: Elementos y equipos usados para recolección de información

EQUIPO	MARCA	MODELO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Cinta métrica	MEASURE	GIANT	Se utiliza para medir distancias de gran longitud.	
GPS	Garmin	Etrex 10	Se utiliza para determinar el posicionamiento global.	
Medidor de caudal por ultrasonidos	T - measurement	PCE-TDS 100HS	Se utiliza para medir el caudal del agua en tuberías.	

Elaborado por: Los autores

Anexo 2: Presupuesto de estudio de ingeniería

<u>PRESUPUESTO DE ESTUDIO DE INGENIERIA</u>					
PROVINCIA: COTOPAXI				FECHA: FEBRERO 2017	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO					
UBICACIÓN: LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA					
ETAPA I.	FACTIBILIDAD, DIAGNOSTICO COMPLETO E INFORME PRELIMINAR		s/n	c/u	Total
1	Recopilación y levantamiento de información en terreno	horas	20,00	150,00	3.000,00
2	Identificación de Alternativas	horas	15,00	150,00	2.250,00
3	Valorización y Selección de Alternativas	horas	12,00	75,00	900,00
	Elaboración y Entrega de Informe Etapa 1				6.150,00
ETAPA II.	OTROS REQUERIMIENTOS				
4	Saneamiento de Terrenos y otros requeridos	horas	6,00	10,50	63,00
	Elaboración y Entrega de Informe Etapa 2				63,00
ETAPA III.	Anteproyecto o Ingeniería Básica				
5	Topografía	u	2,00	240,00	480,00
6	Criterios de Diseño y Base de Cálculo	u	2,00	250,00	500,00
7	Estudios Complementarios	u	1,00	115,00	115,00
8	Diseño de Ingeniería Básica	u	1,00	350,00	350,00
	Elaboración Informe Etapa 3				1.445,00
ETAPA 3.	Anteproyecto o Ingeniería de Detalle				
9	Memoria, Planos, Especificaciones	s/n	2,00	2.749,01	5.498,02
10	Carpeta de Documentos Anexos	s/n	4,00	10,00	40,00
11	Evaluación Socioeconómica	s/n	1,00	150,00	150,00
	Elaboración Informe Etapa 4				5.688,02
ETAPA 4.	Informe y Entrega Final del Proyecto				
12	Elaboración y Entrega de Informe Final	s/n	1,00	750,00	750,00
					750,00

SUBTOTAL \$	14.096,02
I.V.A. 12% \$	1.691,52
TOTAL \$	15.787,54

Elaborado por: Los autores

Anexo 3: Presupuesto de inversión final del proyecto

PRESUPUESTO					
PROVINCIA: COTOPAXI			FECHA: FEBRERO 2017		
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO					
UBICACIÓN: LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATICUNGA					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CISTERNA					
1	Replanteo y nivelación de superficies	m2	8,00	152,10	1216,80
2	Excavación suelo normal a mano presencia de agua incluye des. y tend. Hasta 6m borde	m3	16,50	6,27	103,46
3	Hormigón simple clase C f'c = 210 Kg/cm2 revestimiento	m3	9,60	160,79	1543,58
4	Hormigón simple clase C f'c = 210 Kg/cm2 revestimiento Presencia de agua	m3	1,20	172,72	207,26
5	Sumin. Cortada doblada y armada de hierro a cielo abierto	Kg	4,74	2,05	9,72
				SUBTOTAL	3080,82
DESARENADOR					
		Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
1	Excavacion suelo normal a mano con des. y tend. hasta 6 m borde.	m3	10,34	5,60	57,90
2	Excavacion en roca a mano con des. y tend. hasta 6 m borde.	m3	10,34	19,87	205,46
3	Hormigón simple clase C f'c = 210 Kg/cm2 revestimiento	m3	4,40	160,79	707,48
4	Hormigón ciclópeo (60% hormigón f'c= 210 Kg/cm2 - 40% piedra) seco	m3	2,00	94,74	189,48
6	Sumin. Cortada doblada y armada de hierro a cielo abierto	Kg	4,74	2,05	9,72
7	Compuerta, fabricación e instalación	U	1,00	127,00	127,00
8	Rejilla de entrada lateral, fabricación e instalación de hierro angular 2" e= 3 mm	U	1,00	176,23	176,23
				SUBTOTAL	1473,26
CONDUCCIÓN PRINCIPAL L = 1270 M					
		Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
1	Sum. Inst. prueba tub PVC - U/Z, 0.63MPa, d = 150mm x6m	m	212,00	32,83	6959,96
				SUBTOTAL	6959,96
CONDUCCIONES SECUNDARIAS L = 450 M					
		Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
4	Sum. Inst. prueba tub PVC - U/Z, 0.63MPa, d = 80mm x100m	m	5,00	225,00	1125,00
				SUBTOTAL	1125,00
ACCESORIOS :					
		Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
1	Tee de PVC D= 200mm U/Z	U	2,00	135,54	271,08
4	Sumin. E instal. Punto de hidrante de D = 80 mm. inclu. Accesorios	U	2,00	131,70	263,40
5	Suminis. Y montaje Válvula de compuerta a D= 3" normal	U	2,00	158,76	317,52
6	Suminis. Y montaje Válvula de bola D= 80 mm	U	2,00	115,00	230,00
7	Sumin. Instal. Válvula mariposa 3" (D= 80 mm) B-B de volante incl. Accesorios	U	2,00	600,70	1201,40
8	Sumin. Instal. Válvula mariposa 3" (D= 80 mm) B-B de volante incl. Accesorios	U	2,00	446,70	893,40
				SUBTOTAL	3176,80

	RESERVORIO :	Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
1	Excavación suelo normal a máquina	m3	1512,00	3,42	5171,04
2	Excavación en conglomerado plataforma a máquina	m3	1300,00	3,62	4706,00
3	Relleno compac. Excav. Banco trans. Hasta 300 m. mezcla tend. Hidrat. Cap. = 20 cm.	m3	136,00	4,65	632,40
4	Cerramiento malla galvanizada 50/10 H =1.50 postes de HG 2" c/3m	ML	76,00	41,50	3154,00
				SUBTOTAL	13663,44
	BASES PARA EL SOPORTE DE LA TUBERIA DE PRESION	Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
2	Hormigón Simple f'c=210 kg/cm2, revestimiento y sugetadores para anclaje	u	18,00	160,79	2894,22
				SUBTOTAL	2894,22
	TANQUE DE SALIDA	Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
1	Excavacion suelo normal a mano con des. y tend. hasta 6 m borde.	m3	648,00	5,60	3628,80
2	Hormigón Simple f'c=210 kg/cm2, revestimiento canal y/u obras hidráulicas	m3	73,06	160,79	11747,64
4	Suministro e instalación PVC, E/C D= 150 mm	u	1,00	66,06	66,06
5	Suministro e instalac. de tubería PVC presión E/C , Ø = 80 mm-0,63 Mpa	m	7,00	16,30	114,10
				SUBTOTAL	15556,60
	CASETA DE BOMBEO	Und.	Cant.	Prec. Unit	Prec. Total
1	BOMBA FLOWSERVE - SIHI de 2 etapas MSL-065-B/2/0R	HP	1,00	20950,00	20950,00
2	Contactador NA	s/n	1,00	20,00	20,00
3	Contacto NC	s/n	1,00	20,00	20,00
4	Pulsador de marcha	s/n	1,00	5,30	5,30
5	Pulsador de parada	s/n	1,00	5,30	5,30
6	Rele termico oveload 80-100 Am	s/n	1,00	120,00	120,00
7	Temporizador	s/n	1,00	371,00	371,00
8	Conductor AWG N°2	m	100,00	15,90	1590,00
				SUBTOTAL	23081,60
				SUBTOTAL	64051,74
				IVA 12%	7686,21
				TOTAL	PROYECTO 71737,95

Elaborado por: Los autores

Anexo 4: Cronograma estudio del proyecto

<u>CRONOGRAMA ESTUDIO DEL PROYECTO</u>																	
CODIGO BIP:																	
UBICACIÓN: SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI																	
ITEM	DESCRIPCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I.	VERIFICACION Y VALIDACION DEL PERFIL DE PROYECTO	■															
1	Recopilación de información básica del sector		■														
2	Georeferenciación de las casas y croquis de ubicación del proyecto.			■													
3	Validación Nóminas de Beneficiarios y Nómina				■												
4	Estudio de Alternativas técnicas de solución (seleccionar la óptima) e Informe					■	■										
II.	CAPTACION SUPERFICIAL (Rio, Estero, Vertiente, Canal)																
1	Aforo en los puntos de captación							■	■								
2	Señalización y mediciones del recorrido del agua por tubería									■							
III.	PLANIMETRIA Y TOPOGRAFIA																
1	Recopilación de datos topográficos (uso de GPS)										■						
2	Tabulación de datos del GPS											■					
3	Análisis de posibilidades de ubicación de reservorios												■				
4	Croquis de ubicación del proyecto													■			
5	Estimación de presupuesto de Diseño de Ingeniería														■	■	
6	TTR para licitación diseño															■	
7	Cronograma de Actividades Etapa de Diseño																■
8	Estimación de presupuesto de Ejecución																■
9	Evaluación MESAP etapa ejecución (con datos de entrada y sensibilización, y determinación costos de operación del sistema)																■
10	Certificado de Pre factibilidad Eléctrica																■

Elaborado

por:

Los

autores

Anexo 5: Diámetros de tuberías, pared interior y exterior y presión de soporte

Pulg	(mm)	SDR-13.5 (315psi) (ASTM 22.41)	*SCH-40 (ASTM1785)	SDR-26 (160spi) (astm2241)	SDR-32.5 (125 spi) (ASTM 2241)	SDR-50 (drenaje)
1/2"	12	18.2121,3	15.8/21.3	-	-	-
3/4"	18	-	20,9/26,7	-	-	-
1"	25	-	26,6/33,4	30,4/33,4	-	-
1 1/4"	31	-	35,042,2	38,9/42,2	39,1/42,2	-
1 1/2"	38	-	40,9/48,3	44,6-48,3	45,3/48,3	-
2"	50	-	52,5/60,3	55,7-60,3	56,6/60,3	57,9/60,3
2 1/2"	62	-	32,7/73,0	67,4/73,0	68,5/73,0	-
3"	75	-	77,9/88,9	82,0/88,9	83,4/88,9	85,3/88,9
4"	100	-	102,3/114,3	105,5/114,3	107,3/114,3	109,7/114,3
6"	150	-	154,1/168,3	155,3/168,3	157,9/168,3	-
8"	200	-	-	202,2/219,1	205,6/219,1	-
10"	250	-	-	252,1/273,1	256,2/273,1	-
12"	300	-	-	299,0/323,8	303,9/323,8	-
15"	375	-	-	358,7388,6	364,7/388,6	-
18"	450	-	-	422,0/457,2	429,1/457,2	-

Elaborado por: Los autores

Anexo 6: Taludes para presas de material homogéneo

Material del terraplén	Altura de la presa (m)	Talud aguas arriba	Talud agua abajo
Arcillas de baja plasticidad	Hasta 4. 4-8	2:1 2,5: 1	1,5: 1 2: 1
Arcillas arenosas	Hasta 4. 4 -8	3: 1 3,5: 1	2: 1 2,5: 1
Arena arcillosa, arcillas muy plásticas	Hasta 4	4: 1	3: 1

Elaborado por: Los autores

Anexo 8: Proforma de accesorios



AGROPLAST

COELLO ASQUEL SEBASTIAN ALEJANDRO
R.U.C.: 1717608374001

PROFORMA
No. **0000104**

FABRICACIÓN DE MANGUERAS DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD, EN SUS MEDIDAS
1/2, 3/4, 1, 1 1/4, 1 1/2, 2", 2 1/2, 3", 4"
VENTA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS Y ACCESORIOS DE RIEGO
Provincia: Pichincha Cantón: Mejía Parroquia: Machachi
Calle: Panamericana Sur • Número: 714 Referencia: Frente a la Ferretería Toapanta Teléfono: 033017576 / 0984 098 909
Email: plastpoljc@gmail.com

DÍA MES AÑO
07 07 2017

CLIENTE:	Junta de Agua de Eva Uda	
R.U.C. / C.I.:		TELÉFONO:
DIRECCIÓN:		

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Valvula de pie de 160 mm	310	310
1	Filtro de 3"	308,85	308,85
1	Reduccion exentrica 160 x 110	83,70	83,70
1	Codo de 90° x 160 mm	72,20	72,20
1	Valvula chek 110	110	110
1	Valvula de Paso 110	183	183
1	tubo PVC 160 de 1.6 MPA	95	95
450	Metro de manguera de 4"	9,20	4,140
	360 PSI manguera 160 sostenida		
1	Valvula de paso x 160	110	110
1000	metros de Geomembra	9,50	9,500
25	Pollos de manguera de 3"	235,75	5,893,75
2	Valvulas de 3"	91,50	183

FORMA DE PAGO:	Efectivo.....Transferencia.....	SUBTOTAL	
	Cheque.....Otros.....	% DESCUENTO	
	Valor a pagar:.....	I.V.A. TARIFA 0%	
	-----% I.V.A.	
	TOTAL	

IMPRENTA "SUPER GRAF" TELF. 2694-686; 0979-503-895; DEL 001 AL 200


BOBERTURA A NIVEL NACIONAL

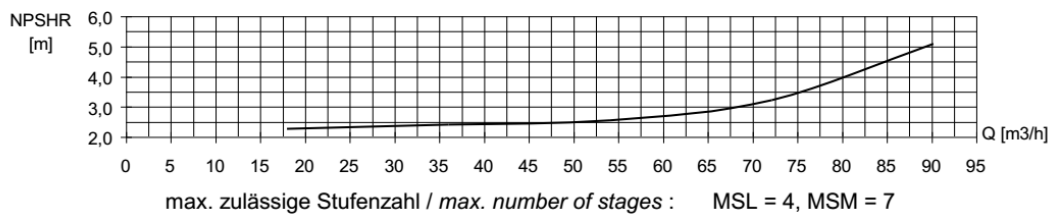
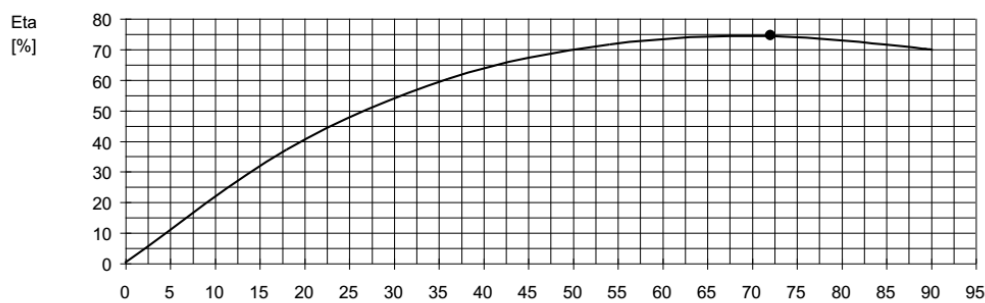
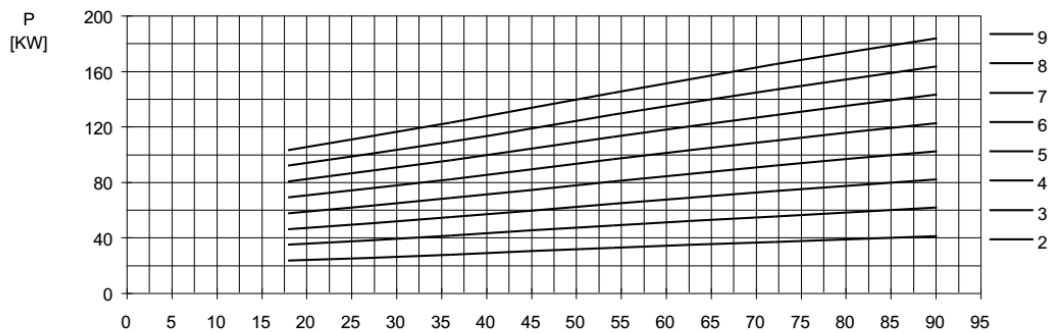
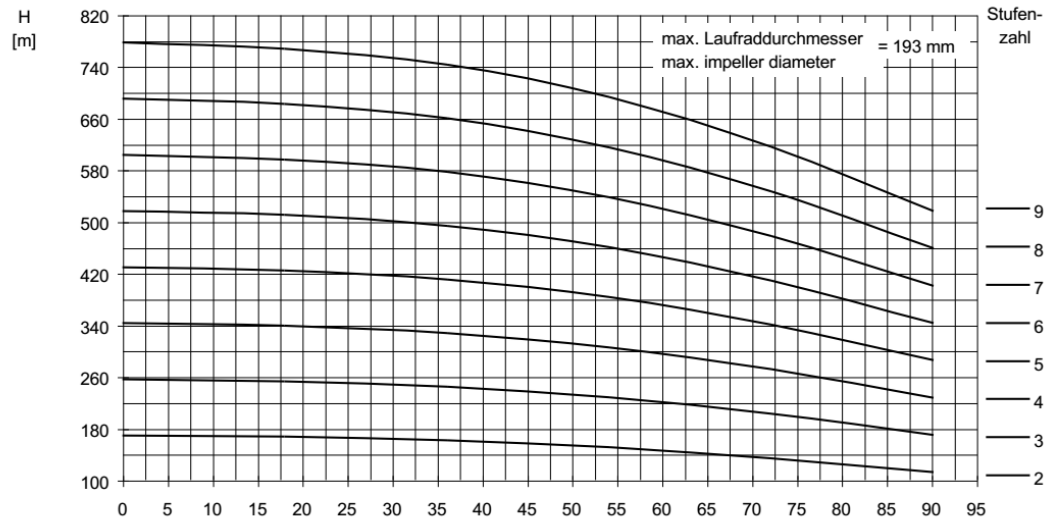
AGROPLAST
1717608374001
FIRMA AUTORIZADA

FIRMA CLIENTE

ORIGINAL: ADQUIRIENTE; COPIA: EMISOR

Anexo 9: Selección de las etapas de bomba

SIH^{multi} 065 B Baureihen / series MSL, MSM, MSC, MSH	Nenndrehzahl / nominal speed 3550 min⁻¹	 HALBERG™ Pumps
---	--	---



Bitte beachten: gültig für: $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$, $v \leq 20 \text{ mm}^2/\text{s}$
 NPSHR - garantierte NPSHR Werte erfordern einen Sicherheitszuschlag von 0,5 m

Please observe: valid for: $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$, $v \leq 20 \text{ mm}^2/\text{s}$
 NPSHR - for guaranteed NPSHR values, add 0,5 m safety margins on the values read from the curves

Fuente: FLOWERVE (2016), HALBERG Maschinenbau GmbH, Ludwigshafen Alemania



HOJA RESUMEN DE PRECIOS
FLS REF# 17-EC-00066 Rev 0
Bomba Nueva Para Proceso De Vaciado
 ACEROPAXI
 N/A

ITEM	TAG	DESCRIPCION	Cant.	Producto (Tipo Bomba)	Potencia / Velocidad (HP/RPM)	Bomba Tamaño/Etapas/Material	Plan de Sellado	Tipo de Motor	Precio Unitario (USD)	Precio Extendido (USD)	Tiempo de Entrega Semanas
001	ITEM 001	Bomba Para proceso de Vaciado	1	MS (BB4)	60.0 HP 1.800 RPM	MSL-065-B/20R	None	Motor eléctrico Bajo Voltaje	\$ 20.950,00	\$ 20.950,00	30

PRECIO TOTAL 1 UNIDADES COTIZADAS (USD): \$20.950,00

Notas / Comentarios

NOTE 1: Flowserve Corporation se reserva el derecho de utilizar fuentes mundiales a su elección para los sub.-componentes, en función de proveer al comprador con la alternativa más ventajosa en términos técnicos y comerciales disponible en el mercado.

NOTE 2: Los precios en este cuadro no incluyen costos de partes de repuestos o servicio en campo, estos son cotizados por separado.

NOTE 3: La cotización es válida por un lapso de Treinta (30) días calendario a partir de la fecha. Debido a la volatilidad de los precios del mercado y del acero y a las fuertes fluctuaciones del mercado cambiario, nosotros deseamos enfatizar la importancia de nuestra validez de oferta

NOTE 4: Término de Entrega (INCOTERMS 2010): DDP - ECUADOR Cualquiera reclamo por daño debido al embarque y/o manejo debe ser recibido por escrito a Flowserve dentro de las 48 horas de recibido el embarque.

NOTE 5: Para confirmar o emitir una orden de compra por los artículos del suministro de la presente oferta, favor contactar a: Eng. Vanessa Escalante Cel: (+59) 399 984 9681 Email: VEscalante@flowserve.com .

Anexo 11: Características de la bomba

Full Page GA Drawing

Notes:

- Consult pump U.I.M. before installing the pump.
- Foundation bolts and piping should not be set rigidly before receipt of equipment.
- Holes in flanges are offset from centerlines.
- Piping, foundations, and systems are the responsibility of others. Flowserve data and comments are offered as an aid, but Flowserve cannot assume responsibility for the system design or operation. It is recommended that a specialist skilled in this area be consulted to ensure a successful installation.

□ Rotation - CCW Viewed from Drive End

Suction Flange - Axial
EN 1092, PN16, DN125, B1

Discharge Flange - Top
EN 1092, PN40, DN65, B1

PROVISIONAL DRAWING
Certified drawing available after order
Refer to factory for any *** dimensions.
DO NOT SCALE DRAWING

All dimensions are in millimeters unless otherwise specified	
Customer	: ACEROPAXI S.A
Item number	: ITEM 001
Service	: Water
Customer PO #	: -
Flowserve reference	: 1100137245
Pump size & type	: MSL-065-B
Pump speed / Stages	: 3.550 rpm / 2
Flow / Head	: 73.4 m³/h / 129.00 m
Driver power / Frame	: 60.0 hp / 44.7 kW /
Volts / Phase / Hz	: 440.0 / - / 60 Hz
Drawing number	: -
Date	: July 6, 2017
Certified by / Date	: -
Seal type	: Packing
Seal flush plan	: None

Fuente: FLOWSERVE (2017), HALBERG Maschinenbau GmbH, Ludwigshafen Alemania

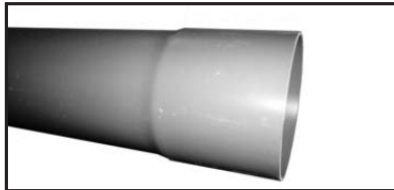
Anexo 12: Tipo de unión y presión que soporta



UNIÓN POR ENCOLADO

DESCRIPCIÓN TIPO:

Tubería de policloruro de vinilo (PVC) no plastificado, para unión por encolado (JE), para conducciones de agua a presión, PN ..., de diámetro exterior ...mm., espesor ...mm., color gris. Fabricado según norma UNE-EN 1452, certificado AENOR, i/ p.p. codos, tes, reducciones y demás accesorios, totalmente instalada según normativa vigente.



CARACTERÍSTICAS:

- Presiones de 6, 10, 16 y 20 atmósferas, según diámetros
- Diámetros de 20 a 630 mm.
- Sistema de unión por encolado
- Longitud de fabricación de 6 metros

CAMPOS DE APLICACIÓN:

- Especialmente indicados para la realización de abastecimiento de aguas, redes de riego o cualquier otra función de conducción de líquidos a presión.

PN-6		
CÓDIGO REF.	DIÁMETRO milímetros	ESPESOR
10JE063006000	63	2,0
10JE075006000	75	2,3
10JE090006000	90	2,8
10JE110006000	110	2,7
10JE125006000	125	3,1
10JE140006000	140	3,5
10JE160006000	160	4,0
10JE200006000	200	4,9
10JE250006000	250	6,2
10JE315006000	315	7,7

PN-10		
CÓDIGO REF.	DIÁMETRO milímetros	ESPESOR
10JE040010000	40	1,9
10JE050010000	50	2,4
10JE063010000	63	3,0
10JE075010000	75	3,6
10JE090010000	90	4,3
10JE110010000	110	4,2
10JE125010000	125	4,8
10JE140010000	140	5,4
10JE160010000	160	6,2
10JE180010000	180	6,9
10JE200010000	200	7,7
10JE250010000	250	9,6

PN-16		
CÓDIGO REF.	DIÁMETRO milímetros	ESPESOR
10JE025016000	25	1,9
10JE032016000	32	2,4
10JE040016000	40	3,0
10JE050016000	50	3,7
10JE075016000	75	5,6
10JE090016000	90	6,7
10JE110016000	110	6,6
10JE125016000	125	7,4
10JE160016000	160	9,5

Fuente: <http://plasticosrival.com/productos/tuberias-de-poli-etileno-catalogo/>

Anexo 13: Costo de la energía



Agencia de
Regulación y Control
de Electricidad

PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE ***

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL TENSIÓN	BAJA Y MEDIA TENSIÓN		
0-50		0,091	
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	1,414
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	
	RESIDENCIAL TEMPORAL		
		0,1285	1,414
CATEGORÍA	GENERAL		
NIVEL TENSIÓN	BAJA TENSIÓN SIN DEMANDA		
	COMERCIAL		
0-300		0,092	
Superior		0,103	1,414
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO		
0-300		0,082	
Superior		0,093	1,414
	BOMBEO AGUA		
0-300		0,072	
Superior		0,083	1,414
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		

Fuente: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-SPEE-2017.pdf>

Anexo 14: Ubicación del punto de captación, mediciones, experimentación de la aforación





Elaborado por: Los autores

Anexo 15: Encuesta socioeconómica

ASPIRANTES
ENCUESTA SOCIOECONÓMICA
LOCALIDAD: CHAN CHICO
FECHA: 20-05-2017

PROVINCIA: COTOPAXI
CANTÓN : LATACUNGA

N°	Jefe de familia	Total familiar	Tipo de Vivienda		Nivel de Cultura		Actividad Económica					Abastecimiento de Agua				Eliminación de Excretas				Actividades									
			Propia	Alquilada	Menor de 6 años	Mayor de 15 años	Alfabeticos	Analfabéticos	Número que trabajan	Agrícola -Ganadero	Obreo	Jornalero	Empleado	Otro	Red Pública	Conexión Domiciliar	Acequia	Llave Pública	Agua de Riego	Alcantarillado	Conexión Domiciliar	Letrina	Bacinete	Ninguno	Favorable	Indiferente	Desfavorable	Hacia el Comunitario	Trabajo
1	Abata Guanoquiza Mariana De Jesús	7	x			x		7	2	2		3			x		x	x		x		x			x				x
2	Catopiña Valera Cesar Olmedo	5	x			x		5	1	2		2			x		x	x		x		x							
3	Camalle Manigua Manuel Alberto	6	x		2	x		4	1	2	1				x		x	x		x		x							
4	Carate Obando Lucinda	5	x			x		5	1	1		3			x		x	x		x		x							
5	Chicaiza Abata José Pedro	4	x		2	x		2	1	1			x		x		x	x		x		x							
6	Chicaiza Carate Flavio José	4	x			x		4	1	1	1				x		x	x		x		x							
7	Chicaiza Chuquitarco Segundo Pedro	6	x		3	x		3	1	1	1				x		x	x		x		x							
8	Chicaiza Guagchinga Luz Humberto	5	x			x		5	1			4			x		x	x		x		x							
9	Chicaiza Guamangallo Luz Carmelina	5	x		3	x		2	1			1			x		x	x		x		x							
10	Chicaiza Lagla María Delfina	3	x		1	x		2	1	1					x		x	x		x		x							
11	Chicaiza Yanchaguano Jenny Silvana	4	x		2	x		2	1	1					x		x	x		x		x							
12	Chiquinga Monje María Alicia	3	x		1	x		2	1	1					x		x	x		x		x							
13	Chiluisa Abata Juan Luis	6	x			x		6	1	1	1	1	x		x		x	x		x		x							
14	Chiluisa Chicaiza Miguel Angel	5	x			x		5	1	2	1	1			x		x	x		x		x							
15	Chiluisa Chicaiza Segundo Rafael	4	x			x		4	1	2	1				x		x	x		x		x							
16	Chiluisa Chuquilla Luis Alfredo	6	x		3	x		3	1	1		1			x		x	x		x		x							
17	Chiluisa Chuquitarco José Augusto	4	x			x		4	2		2		x		x		x	x		x		x							
18	Chiquita Chicaiza José Enrique	7	x			x		7	1	1	2	1	x		x		x	x		x		x							
19	Chiquito Untuña Luis Floresnilo	6	x		3	x		3	1	2					x		x	x		x		x							
20	Chuquitarco Abata María Emperatriz	5	x			x		5	2	1	1	1			x		x	x		x		x							
21	Chuquitarco Chicaiza Manuel	5	x		3	x		2	1	1					x		x	x		x		x							
22	Chuquitarco Lagla Oswaldo	2	x			x		2	1	1					x		x	x		x		x							
23	Chuquitarco Tipantasi Norma Mercedes	4	x		2	x		2	1			1			x		x	x		x		x							
24	De La Cruz De La Cruz Lorenzo	3	x			x		3	1				x		x		x	x		x		x							
25	De La Cruz Tonato José Roberto	5	x		3	x		2	1				x		x		x	x		x		x							
26	Flores Chicaiza Margoth Clemencia	7	x		3	x		4	1	1	2				x		x	x		x		x							
27	Guagchinga Iza Aida María	5	x			x		5	1				x		x		x	x		x		x							

ASPIRANTES
ENCUESTA SOCIOECONÓMICA

PROVINCIA: COTOPAXI
CANTÓN : LATACUNGA

LOCALIDAD: CHAN CHICO
FECHA: 20-05-2017

N°	Jefe de Familia	Tipo de Vivienda		Nivel de Cultura		Actividad Económica				Abastecimiento de Agua				Eliminación de Excretas				Actividades						
		Propia	Alquilada	Menor de 6 años	Mayor de 15 años	Número que trabajan	Agrícola -Ganadero	Obreo	Jornalero	Empleado	Otro	Red Pública	Conexión Domiciliar	Acequia	Llave Pública	Agua de Riego	Alcantarillado	Conexión Domiciliar	Letrina	Bacinete	Ninguno	Hacia el Esfuerzo Comunitario	Aportes	
55	Taco Lagla José Rafael	x		2	x	2		1		x					x						x			
56	Taco Lagla María Angela	x		2	x	1									x						x			
57	Taco Lagla María Carmen	x		2	x	1									x						x			
58	Taco Lagla María Esther	x		2	x	1									x						x			
59	Taco Taipe Segundo Manuel	x		4	x	2	1								x						x			x
60	Tipan Lagla Delia Mercedes	x		4	x	2	1	1							x						x			
61	Tipan Laglaguano Laura Emperatriz	x		3	x	2	1	1							x						x			
62	Tipantasig Tipantasig Luis Anibal	x		3	x	1									x						x			
63	Uncanigo Guanán Rosa María	x			x	2									x									
64	Vaca Segundo Teodomiro	x			x	2		1	1	x					x									x
65	Vásquez Lagla María Rosario	x			x	4	2	2		x					x						x			
66	Yanchapanta Baño Santos Klever	x		4	x	3	1	2							x						x			